This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

KF
27810
NEDL TRANSFER
HN 4T53

HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY

KF 27810
Z59.96 B1

Harvard College Library

FROM THE BEQUEST OF

JAMES WALKER, D.D., LL.D.

(Class of 1814)

FORMER PRESIDENT OF HARVARD COLLEGE

"Preference being given to works in the Intellectual and Moral Sciences."

Dürfen wir

den

Ameisen und Bienen

psychische Qualitäten

zuschreiben?

Von

Albrecht Bethe.

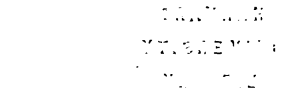
18 (12.

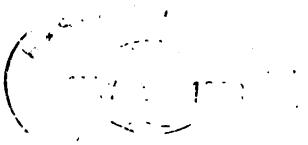
Sonder-Abdruck aus dem Archiv für die gesammte Physiologie Bd. 70.

(Hierzu 2 Tafeln und 5 Textfiguren.)

Bonn,
Verlag von Emil Strauss.
1898.

~~Z 57.96 B1~~
KF 27810





Walker fund.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Einleitung 3

I. Versuche an Ameisen.

Kennen sich die Ameisen eines Nestes unter einander? 19
Wie finden die Ameisen ihren Weg? 32
Besitzen die Ameisen Mittheilungsvermögen? 51
Weisen andere Verrichtungen der Ameisen auf den Besitz psychischer Qualitäten hin? 54

II. Versuche an Bienen.

Kennen sich die Bienen eines Stockes? 58
Wie finden die Bienen nach Hause? 60
Existiren andere Thatsachen, welche uns zwingen, den Bienen psychische Qualitäten zuzuschreiben? 82
Schluss 85
Literatur 86

Einleitung.

Es ist bekannt, dass nicht nur vom Volk, sondern oft auch in noch viel höherem Maasse von Naturforschern den Ameisen und Bienen die höchsten psychischen Qualitäten, über die wir selbst verfügen, zugesprochen werden. Mathematisches Talent, schlaue Berechnung, Grossmuth, Opferwilligkeit für das Beste der Colonie sind Eigenschaften, die von Romanes, Büchner, Eimer und Anderen diesen Thieren ohne Weiteres zugestanden werden. Auch Forel, Emery, Lubbock und viele Andere, welche einen höheren Grad von Skepsis besitzen, verfallen vielfach in bedenkliche Anthropo-

morphismen. So beginnt Lubbock[1]) die Einleitung zu seiner Untersuchung über Ameisen, Bienen und Wespen mit den Worten: „Die anthropoiden Affen nähern sich offenbar in ihrem Körperbau dem Menschen mehr als alle andern Thiere; wenn wir jedoch die Lebensweise der Ameisen betrachten, ihre sociale Organisation, ihre grossen Gemeinwesen und kunstvollen Wohnungen, ihre Heerstrassen, ihren Besitz von Hausthieren und in einigen Fällen von Sklaven, so müssen wir zugestehen, dass sie auf der Stufenleiter der Intelligenz dem Menschen zunächst zu stehen beanspruchen können.“ Unter den von ihm veröffentlichten Versuchen findet sich aber kein einziger, welcher im Stande wäre, zu beweisen, dass diese Thiere überhaupt Intelligenz besitzen.

Soweit ich die neuere Literatur über die Ameisen und Bienen kenne (die Zahl der Arbeiten ist so ausserordentlich gross, dass sie nicht zu überwältigen ist), existirt nicht eine einzige, welche ohne Voreingenommenheit mit der vollen Skepsis, welche in diesen Dingen nothwendig ist, an die Sache herantritt. Wasmann[3–6], der mit so scharfem Verstande die Lebenserscheinungen der Ameisen zergliedert und unbarmherzig die Thatsachen von anthropomorphistischen Verunreinigungen befreit, kann nicht zur vollkommen unbefangenen Betrachtung der Verhältnisse gelangen, da ihn die vorgefasste Meinung von der Existenz eines Schöpfers daran verhindert, und Wundt[7 u. 8]), der mit so strengem (vielleicht zu strengem) Maasse die psychischen Qualitäten der höheren Säuger misst, entsteht durch die Auffassung, welche er sich von der lebenden Natur gebildet hat, ein Hinderniss, den Thatsachen gerecht zu werden. Er geräth in Widerspruch mit dem Satz, den er selbst als Richtschnur für alle naturwissenschaftlichen Betrachtungen aufstellt, dass man sich überall der einfachsten Erklärungsgründe bedienen müsse. Er trägt, ohne dass die Thatsachen dazu zwingen, ein psychisches Moment in die Lebenserscheinungen der niedrigsten Thiere (Protozoen), in die Vorgänge bei den einfachsten Reflexen. Von diesen sagt er (8 S. 128), dass sie auf Grund von Empfindungen zu Stande kommen und weiter unten (S. 243): „Demnach wird uns auch die Zweckmässigkeit der Reflexe leicht verständlich, wenn wir sie als die mechanischen Erfolge von Willenshandlungen vergangener Generationen auffassen; während umgekehrt jene Ansicht, die in ihnen die Ausgangspunkte der Willensentwicklung selber erblickt, weder die Existenz und Zweckmässigkeit der Reflexe begreiflich macht, noch mit den Ergeb-

nissen der objectiven und subjectiven Beobachtung übereinstimmt. Mit der objectiven nicht: denn nirgends lässt sich jene Ursprünglichkeit der Reflexvorgänge, welche hier angenommen wird, bei der Beobachtung der Thiere, namentlich der niederen Stufen der Thierwelt, irgendwo nachweisen."

Dem muss ich entgegenstellen, dass die objective Beobachtung von niedrigen Thieren (Protozoen, Coelenteraten) nicht im Mindesten darauf hinweist, dass hier etwas Anderes als rein mechanische Vorgänge von allerdings etwas complicirter Form vorliegen, und dass wir uns alles das, was diese Thiere thun, sehr gut von einer Maschine ausgeführt vorstellen können, wie ich schon an andrer Stelle hervorgehoben habe (9 Seite 488). Wie unrichtig der Gedanke Wundt's ist, leuchtet aber sofort ein, wenn wir uns vorstellen wollten, dass zum Beispiel der Reflex der Herzaction ursprünglich willkürlich von den Thieren ausgeführt worden sei. Wenn bei den früheren Generationen ein Willensact vorgelegen haben soll, so muss er auf der Vorstellung von der Zweckmässigkeit der Handlung basirt haben, da ja sonst die Zweckmässigkeit des Reflexes durch diese Annahme garnicht erklärt wird. Diese Vorstellung müsste aber in diesem und in andern Fällen überaus complicirt sein. Hier schlägt sich Wundt mit seinen eignen Waffen, wenn er später die Ansicht vertritt, dass Vorstellungen complicirterer Art bei Thieren überhaupt nicht vorkämen. Am einfachsten und vollkommensten wird die Zweckmässigkeit aller Lebenserscheinungen niederer und der Reflexvorgänge höherer Thiere auf dem Wege der Selection, den uns Darwin gezeigt hat, ohne Zuhülfenahme psychischer Erscheinungen erklärt. Wundt nimmt nun zur Erklärung der Zweckmässigkeit der Reflexe die Vererbung von Eigenschaften, welche im Leben des Individuums erworben wurden, zu Hülfe, eine Hypothese, für die jede reale Grundlage fehlt. Er verläfst sein Princip, Alles möglichst einfach zu erklären, und operirt zugleich mit zwei gänzlich unbekannten und in ihrer Existenz zweifelhaften Grössen.

Mit demselben Recht, mit dem Wundt der lebenden Substanz schon in ihren primitivsten Formen psychische Qualitäten (Empfindung Bewusstsein, Wille) zuschreibt, konnte er auch der Materie an sich, den Atomen diese Eigenschaften zuerkennen, wie dies Häckel[10]) und E. von Hartmann[11]) gethan haben. Ein Beweis liegt so wenig für das Eine wie für das Andere vor. Häckel thut es, um

die monistische Weltanschauung durchführen zu können, Hartmann aus philosophischem Bedürfniss. Er schreibt (11 b. S. 258): „Auf den Begriff der Kraft wären wir nie gekommen, wenn wir nicht den eignen Willen verallgemeinert hätten, und der Kraftbegriff ist uns heute noch absolut unverständlich, ausser wenn wir ihm stillschweigend oder offenkundig den Begriff des Willens zu Grunde legen. Kraft und Empfindung sind als Wille und Vorstellung die Elementarbegriffe der Geisteswissenschaft; sind sie es erst, die dem abstracten Raumschema Energie und Leben einhauchen, so ist damit zugestanden, dass wir eine reale lebendige Natur nur nach Analogie unseres Geistes zu denken vermögen. So construiren wir die Natur aus zwei Factoren: der erste besteht in den schematischen Formen unseres Bewusstseinsinhaltes, der zweite in den Grundfunctionen der Geistigkeit selbst. Ist eine dieser Uebertragungen oder Analogieen ungerechtfertigt, so ist unsere Vorstellung von einer realen Natur eine Illusion, so gibt es keine Natur für uns."

Was wird durch diese Annahme erreicht? Es wird für den Begriff „Kraft" der Begriff „Wille" gesetzt, der uns gleich unverständlich ist. Der Erklärung der Thatsachen werden unüberwindbare Schwierigkeiten gesetzt. Wie sollen die Willen der einzelnen Atome sich zum Willen der Ganglien (im Sinne Hartmann's), wie diese zum Willen des Thieres zusammensetzen? Keine Thatsache liegt vor, die diese Ansicht irgendwie stützen könnte. Wir suchen aber nicht nach dem, was man wohl glauben könnte, sondern nach dem, was man annehmen muss. — Das Einzige, was auf eine einfache Weise durch die luftige Theorie Häckel's und Hartmann's erreicht wird, ist eine monistische Weltanschauung. Aber auch wir sind dem Dualismus nicht unbarmherzig ausgeliefert, sondern vertreten einen den Thatsachen viel mehr entsprechenden Monismus, wenn wir die psychischen Qualitäten als eine Neuerwerbung der höheren Stufen des Thierreichs ansehen, als eine Anpassung an die äusseren Lebensbedingungen, hervorgebracht durch die natürliche Zuchtwahl auf Grund von Keimesvariationen.

Allein der Mangel an einer genügenden Erklärung berechtigt nicht eine Hypothese aufzustellen, denn eine Hypothese hat nur dann einen Werth, wenn wir durch sie weiter kommen und Thatsachen vorliegen, welche für ihre Richtigkeit sprechen. Unsere Erkenntniss wird aber weder durch die Annahme vom Willen der Atome, noch durch die Behauptung, dass psychische Qualitäten ein nothwendiges

Attribut der lebenden Substanz seien, um einen Schritt gefördert; beide Annahmen entspringen einem rein subjectiven Bedürfniss ihrer Urheber und entbehren jeder wissenschaftlichen Begründung. Es kann aber nicht einmal zugegeben werden, dass hier überhaupt das Bedürfniss zu einem andern Erklärungsprincip als dem der Mechanik vorliegt. So lange diese einfachste Art der Erklärung genügt, so lange muss man sich nach meiner Meinung dagegen verwahren, eine andere aufkommen zu lassen, welche nur Verwirrung bringen kann. Ich will nicht behaupten, dass die Richtigkeit beider Annahmen undenkbar ist; ich sage nur, dass weder ein Bedürfniss noch ein Beweis für sie vorliegt, und, da es unzweifelhaft ein guter Grundsatz ist, für alle Erscheinungen die einfachsten Erklärungen zu suchen, so müssen wir es als unsere Aufgabe ansehen, die Erscheinungen der Lebewelt, so weit wie es irgend geht, auf rein mechanischer Basis zu erklären und erst da psychische Qualitäten anzunehmen, wo wir durch die Thatsachen gezwungen werden.

Ich glaube nun an anderer Stelle[9]) gezeigt zu haben, dass Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung, Gedächtniss und Association nur dann für ein Wesen einen Zweck haben, wenn es im Stande ist, auf Grund dieser Qualitäten sein Handeln zu modificiren. Nach dem, was wir wissen, hat Alles in der lebenden Natur einen Zweck; es ist kein Organ, keine Färbung bei einem Thier oder einer Pflanze vorhanden, welches nicht dem Individuum einen Nutzen brächte. (Hiervon bilden die rudimentären Organe eine leicht verständliche Ausnahme.) Gewiss gibt es Einrichtungen in der Thier- und Pflanzenwelt, deren Zweckmässigkeit wir heute noch nicht kennen. So lange es aber nicht nachgewiesen ist, dass es welche gibt, die zwecklos sind, dürfen wir behaupten, dass die lebendige Natur nichts Unnützes schafft. Man wird daher annehmen dürfen, dass sie auch keinem Lebewesen Empfindung, Gedächtniss und andere psychische Eigenschaften, welche an sich keinen Nutzen für das Individuum haben, gegeben haben wird, ohne es auch zugleich mit der Fähigkeit auf Grund dieser Qualitäten sein Handeln zu modificiren, ausgestattet zu haben. Es scheint mir daher der Nachweis, ob ein Wesen im Stande ist, modificirt zu handeln, der einzige Prüfstein zu sein, um auf psychische Qualitäten zu schliessen. Wir dürfen daher keinem Thier, welches uns nicht im individuellen Leben erworbene Erscheinungen zeigt, psychische Qualitäten zuschreiben: ein Thier, das am ersten Tage seines Daseins schon dasselbe aus-

zuführen im Stande ist, wie an seinem Lebensende, das nichts lernt, das auf denselben Reiz immer in derselben Weise reagirt, besitzt nachweislich keine Bewusstseinsvorgänge. Es wäre ungerechtfertigt, wenn man einem Thier, das Alles, was es in seinen Leben thut, schon mit auf die Welt bringt, psychische Qualitäten zuschreiben wollte. So lange man nicht nachweisen kann, dass es im Stande ist, sein Handeln zu modificiren und zu lernen, so lange muss es der Wissenschaftler als eine reine Reflexmaschine ansehen, mögen seine Thätigkeiten auch noch so complicirt sein. Im Privatleben mag ihm jeder so viel Gefühl und hohe Tugenden zuschreiben, wie er mag, in der Wissenschaft ist er aber nicht berechtigt dies zu thun, so lange er es nicht beweisen kann.

Die eigentlichen Bewusstseinsvorgänge können wir nicht nachweisen; wir schliessen auf sie aus Analogie, weil wir von uns selbst nur modificirte, den ursprünglichen Reflexen unähnliche Handlungen auf Grund von Bewusstseinsvorgängen kennen. Das was wir bei einem lernfähigen Thier erkennen, ist nur dies: Das Thier ist im Besitz nervöser Bahnen, welche es befähigen, frühere Reize in der Weise zu verwerthen, dass es bei Wiederauftreten des Reizes seine Muskelapparate in anderer Weise anwendet, als bei dem ursprünglich durch den Reiz ausgelösten Reflex. Dass hierbei Bewusstseinsvorgänge einhergehen, ist, wie gesagt, nur ein Analogieschluss, den ich für meine Person mache. Gezwungen ist Niemand dazu; aber auch der eifrigste Verfechter der Ansicht, dass die Annahme einer Thierseele als unbeweisbar zurückzuweisen ist, wird zugeben müssen, dass ein durchgreifender Unterschied besteht zwischen Thieren, die ihr ganzes Leben lang immer in derselben Weise auf bestimmte Reize reagiren, und solchen, die im Stande sind, ihre Handlungsweise mehr oder weniger den jeweiligen Verhältnissen anzupassen, dass diese anpassungsfähigen Thiere seinen Mitmenschen, deren Besitz an psychischen Qualitäten er ja auch nicht nachweisen kann, in Bezug auf die nervösen Functionèn näher stehen als jene nicht anpassungsfähigen Thiere.

Unter die abgeänderten Thätigkeiten, welche ich als auf psychischer Basis beruhend ansehe, darf man nicht diejenigen Erscheinungen rechnen, wo bei einem Thier ein Anfangs nur mangelhaft ablaufender Bewegungsvorgang mit der Zeit exacter vor sich geht. Hier kann ein Reflexvorgang vorliegen, dessen nervöse Bahnen aber erst einige Zeit gebrauchen, um sich ganz auszufahren. Es wäre

ungerechtfertigt, hier in jedem Fall einen Lernprocess, also einen psychischen Vorgang anzunehmen, bei welchen ja bekannter Maassen das Ausfahren der Bahnen eine grosse Rolle spielt. Ein Ausfahren der Bahnen, das länger oder kürzer dauern kann, wird bei allen nervösen Processen statthaben, bei bewussten und unbewussten, aber nicht überall da, wo ein Ausfahren zu constatiren ist, liegt ein psychischer Process vor.

Ferner: Man hat überall, wo man beobachtete, dass eine Thierspecies im Stande ist, einen bestimmten Platz wieder zu finden, behauptet, dies müsse notwendig auf Gedächtniss beruhen. Das ist durchaus unrichtig. So wie man nachweisen kann, dass das Thier den Ort wiederfindet, geleitet durch einen einfachen Reiz, welcher für das Thier von der Geburt an adäquat ist, so ist es falsch oder wenigstens unnöthig, anzunehmen, dass es sich bei dem Wiederfinden um einen psychischen Vorgang handelt. Ein solch einfacher Reiz kann von einem chemischen Stoff ausgehen. Durch die Beobachtung, dass viele Thiere beim Ausschlüpfen aus dem Ei (Raupen, Crustaceen-Larven u. s. w.) oder der Puppe (Schmetterlinge, Käfer u. s. w.) mit Sicherheit die ihnen zukommende Nahrung aufsuchen, ohne dass sie darin unterrichtet wurden, wird erwiesen, dass bestimmte chemische Reize (welche hier von der Nahrung ausgehen) ab ovo für ein Thier adäquat sein können, da die Annahme eines ererbten Erinnerungsbildes der Nahrung, welche ausser einem chemischen Reizstoff noch in Betracht kommen könnte, einmal ganz absurd ist und dann bei augenlosen Thieren fortfällt. So wird z. B. von Romanes[12]) aus dem Verhalten einer Schneckenart (Patella vulgata) geschlossen, dass sie über Ortsgedächtniss verfügt. Diese Thiere sitzen auf nacktem Gestein (Kalkstein) in kleinen flachen, glatten Gruben, welche sie selber aushöhlen. Diese Gruben verlassen sie bisweilen um der Nahrung nachzugehen, indem sie auf dem Stein fortkriechen, kehren aber zu ihren Gruben zurück. Liegt dem ein Erinnerungsprocess zu Grunde? Romanes und andere Autoren sagen ja, ich sage nein. Bei dem Fortkriechen auf dem Stein lassen sie eine Schleimspur zurück, ebenso und in sehr viel höherem Maasse in ihrer Wohnungsgrube. Diese Spur könnte einen chemischen Reizstoff enthalten, welcher für jedes Exemplar mehr oder weniger eigenthümlich ist (ich komme auf die individuellen Differenzen im Eigengeruch noch zurück) und für jedes Thier ab ovo ein adäquater Reiz ist. Das Thier könnte nach Aufhören des Reizes, welcher es

reflectorisch zum Verlassen seiner Höhle veranlasste, durch diesen chemischen Reizstoff zu Reflexbewegungen (Kriechbewegungen) veranlasst werden, welche es auf demselben Wege, den es gekommen, zu seiner Höhle zurückführen. Durch einige Versuche, welche ich in Plymouth mit diesen Thieren anstellte, wird diese Annahme bestätigt. (Zu erwähnen ist hier, dass die Augen dieser Thiere auf einer so niedrigen Stufe der Entwicklung stehen, dass sie schwerlich im Stande sind, wirkliche Bilder zu vermitteln, Bilder, welche für die Erklärung des Wiederfindens der eignen Höhle sehr fein sein müssten, da die Steine meist eine sehr gleichmässig aussehende Oberfläche haben). Ich konnte beobachten, dass sie immer auf demselben Wege zu ihrer Höhle zurückkriechen, auf dem sie gekommen sind, indem sie entweder den Weg ganz zurückkriechen oder bei ihrer Ortsveränderung einen Kreisbogen machen und beim Kreuzen ihres Weges unter Ersparung des kreisförmigen Umweges nur den Rest des Weges rückwärts kriechen. Wenn ich ein Thier während der Wanderung vom Stein abhob und 3—4 cm von seiner Grube entfernt dicht neben dieser Spur wieder aufsetzte, so wanderte es lange Zeit mit den ungeheuerlichsten Umwegen auf dem Stein umher, bis es zufällig auf die ursprüngliche Spur traf und nun dieser folgend zur Grube zurückgelangte.

Hier kann also von einen Ortsgedächtniss keine Rede sein, und das Wiederfinden der Wohnungsgrube (welche für des Thier wegen des gewährten Schutzes von grossem Wert ist) ist nur ein angeborener Reflex, dessen auslösender Reiz in einem vom Thier selbst erzeugten und für dasselbe ab ovo adäquaten chemischen Stoff besteht.

Wir müssen also die Handlungen eines jeden Thieres daraufhin prüfen, ob die auslösenden Momente einfache physiologische Reize sind, ob irgend ein Erinnerungsprocess dabei mitspielt, oder ob der Reiz ab ovo adäquat ist, so dass die Reaction darauf — sie mag so complicirt sein, wie sie will — rein reflectorisch erfolgt. Zeigt ein Thier die Fähigkeit, sein Handeln in unzweideutiger Weise zu modificiren, so ist damit der Besitz gewisser psychischer Qualitäten erwiesen, aber immer noch nicht aller. Vermag ein Thier auf Grund von Lichteindrücken etwas zu lernen, so ist damit nur gezeigt, dass es sehen kann, dass der Reiz der Lichtwellen nicht nur zur Reception, sondern auch zum Bewusstsein gelangt, und dass es im Stande ist, von diesem Sinn aus sein Handeln zu beeinflussen. Alle anderen Receptionen brauchen diese höhere Stufe noch nicht

erreicht zu haben und können noch ganz unter der Schwelle des Bewusstseins ablaufen. Um einem Thier alle „fünf Sinne" zuschreiben zu dürfen, muss erwiesen werden, dass es auf Grundlage jeder der fünf verschiedenen Reizqualitäten zu lernen im Stande ist.

Als Prüfstein können in erster Linie nur solche Modificationen des ursprünglichen Handelns dienen, welche etwas qualitativ Neues, den angeborenen Handlungen des Thieres nicht an sich schon Eigenthümliches bieten. Die Unterdrückung eines angeborenen Reflexes oder die stärkere Ausprägung eines solchen kann eventuell auch als ein Beweis der Lernfähigkeit gelten, aber nur dann, wenn die Aenderung sehr schnell von statten geht; im anderen Fall haben wir es mit einer Gewöhnung zu thun, welche, wie mir jeder Unbefangene zugeben wird, durchaus nicht auf einem psychischen Process zu beruhen braucht. Wenn mir z. B. ein wilder und bissiger Hund gebracht wird, der vor jedem Menschen fortläuft (es ist hierbei gleichgültig, ob er „von Natur" so ist oder erst so geworden ist), und ich rede ihm freundlich zu und gebe ihm zu fressen, und wenn er dann bereits an einem der nächsten Tage nach einer oder wenigen Wiederholungen der freundlichen Behandlung sich von mir anfassen lässt und mir auf Schritt und Tritt folgt, so ist man sehr wohl berechtigt, dies als ein Zeichen stattgehabten Lernens zu bezeichnen. Wenn man aber Wochen und Monate gebraucht, um einen Frosch, einen Wasserkäfer (Forel)[14]) oder eine Ameise (Wasmann)[6]) dazu zu bringen, nicht bei der Annäherung eines Menschen davon zu laufen, sondern die dargereichte Nahrung aus der Hand zu nehmen, so ist das absolut nicht beweisend, dass hier psychische Processe eine Rolle gespielt haben. Zwei Reize wirken auf die Thiere ein, der Reiz, der von der Nahrung ausgeht, und der Reiz, welchen die grosse, sich bewegende Masse setzt. Zunächst überwiegt der Fluchtreflex, und ganz allmälig gewinnt der Futterreflex die Oberhand. Solche Fälle beweisen garnichts.

Man hat in alten und neuen Zeiten eine grosse Anzahl z. T. recht verschiedenartiger Handlungen unter dem Namen Instinct zusammengefasst. Fast allen Autoren ist die Auffassung gemeinsam, dass es sich hierbei um die Befolgung eines angeborenen Triebes handelt, deren Zweckmässigkeit dem Individuum unbewusst ist. Auch der Mensch ist von derartigen Trieben nicht frei; es gehört hierzu besonders die Sucht beiderlei Geschlechter, etwa von der Zeit der Pubertät an sich mit einander zu beschäftigen, welche auch dann eintritt, wenn den jungen Leuten der Zweck des geschlechtlichen

Verkehrs noch unbekannt ist. Ziegler[14]) will als Instinct nur complicirte Reflexerscheinungen verstanden wissen. (Wie Ziegler citirt, ist dies auch die Ansicht Spencer's). Thatsächlich weicht er aber von dieser Formulierung selbst ab, indem er in die Instincte ein psychisches Moment hineinlegt und sie zum Gebiet der Psychologie rechnet. Im Reflex liegt aber, wie ich meine, nichts Psychisches, wenn es auch Reflexe (bei uns Menschen) gibt, deren auslösender Reiz oder deren stattgehabte Auslösung zum Bewusstsein gelangt (Augenlidreflex u. s. w., siehe Exner)[17]). Der reinen Reflexthätigkeit fehlt jedes psychische Moment (Herzthätigkeit, Pupillencontraction); es gehört daher der Instinct im Sinne Ziegler's garnicht in das Gebiet der Psychologie (wenn auch die Psychologie von der Lehre der Reflexe auszugehen hat), sondern in's Gebiet der reinen, physiologischen Mechanik. Wenn aber der Instinct nichts Anderes als Reflex ist, warum soll man diesen Ausdruck gebrauchen, der nur missverstanden werden kann. Es ist viel besser, für das, was Ziegler meint, das nicht gut misszuverstehende Wort „complicirter oder zusammengesetzter Reflex" zu gebrauchen. — Viel zu weit fasst Wasmann[8–6]) den Begriff Instinct auf. Emery[18]) hat ihm dies bereits vorgeworfen, ohne dass sich aber Wasmann[5]) durch die Einwände Emery's hat überzeugen lassen. Wasmann rechnet nämlich alle durch individuelle Erfahrung entstandenen Handlungsweisen eines Thieres mit zu den Instincten, indem er in einigen Fällen mit Recht, in anderen mit Unrecht behauptet, dass die Thiere sich hierbei der Zweckmässigkeit ihres Handels nicht bewusst sein könnten. Er wirft hier zwei ganz verschiedene Dinge durch einander, und wenn er sich dabei auch auf allerhand Autoritäten, hauptsächlich Kirchenväter, beruft, so kann dies doch kein Grund für uns sein, dieser unklaren Begriffsbestimmung zu folgen. Eine qualitativ neue und erst im Leben des Individuums aufgetretene Handlungsweise ist etwas ganz Anderes, als eine solche, die allen Individuen der Species eigenthümlich und angeboren ist. Nur dies kann als Prüfstein gelten, nicht aber die Frage, ob ein „subjectives Zweckbewusstsein, ein formelles Schlussvermögen" vorliegt, welche meist gar nicht zu beantworten ist. Wenn man lediglich den Maassstab Wasmann's anlegt, so kommt man auch bei den Menschen zu dem Resultat, dass das Gros dem Instinct folgt, während nur wenige Bevorzugte Intelligenz besitzen. Der einfache Mann isst, wie der Hund und das Pferd, instinctiv, weil er dem Trieb des

Hungers folgt, weil es ihm gut schmeckt und er eventuell sagt: das ist nothwendig, um das Leben zu erhalten. Das ist aber noch kein Zweckbewusstsein. Nur der physiologische Chemiker isst mit Intelligenz, denn er allein gibt sich Antwort auf die Frage, warum er Nahrung zu sich nimmt. Der einfache Zimmermann schlägt seine Balken in bestimmter Weise zusammen, weil es erfahrungsgemäss so und so gemacht werden muss, rein instinctiv (nach Wasmann), ohne Zweckbewusstsein. Nur der studirte Baumeister, der die Regeln der Mechanik kennt, baut mit Intelligenz, denn er allein ist sich bewusst, warum er Balken von bestimmtem Querschnitt benutzen muss, warum er sie in dieser Weise und nicht anders zusammensetzt. Nach meiner Meinung darf man nur solche Handlungen als Instinct-Handlungen bezeichnen, bei denen ein Thier, das nachweislich psychische Qualitäten besitzt, ohne vorherigen Lernprocess einem angeborenen Triebe folgt, wobei aber die Handlung nicht rein reflectorisch abläuft, sondern durch psychische Processe regulirt, eventuell sogar ausgelöst wird. So ist der Geschlechtsverkehr beim Menschen instinctiv, oder kann es wenigstens sein, während er beim Käfer einen Reflexvorgang darstellt. Der Seidenwurm spinnt sein Cocon reflectorisch, während der Vogel beim Nestbau einem Instinct folgt.

In dieser Weise formulirt, bedeutet das Wort Instinct eine bestimmte Art von Handlungen, welche nicht rein reflectorisch, aber auch nicht rein psychisch sind, und für die wir nothwendiger Weise eine Bezeichnung haben müssen.

Ich habe vorher schon die Frage gestreift, wie wir uns zweckmässige Reflexe und Instincte entstanden denken können. Es stehen uns zwei Möglichkeiten offen, welche mit der Frage der Entstehung differenter Wesen zusammenfallen. Entweder sie sind von einem Zwecksetzer durch einen Schöpfungsact zugleich mit der ganzen organischen Welt geschaffen, oder sie sind entstanden durch einen langwierigen Entwicklungsprocess Hand in Hand mit einer fortschreitenden Differenzirung der Organe. Die erste Möglichkeit ist für die Wissenschaft undiscutirbar. Bei der zweiten Möglichkeit kennen wir zur Zeit (ausser dem teleologischen Princip Nägeli's) zwei Arten der Erklärung: Das Entstehen auf Grund von Vererbung

erworbener Eigenschaften und auf Grund der natürlichen Zuchtwahl. Darwin, der Begründer der Zuchtwahltheorie, verwarf die Mitbetheiligung der Vererbung erworbener Eigenschaften bei der Entstehung der complicirteren Reflexe nicht ganz, E. v. Hartmann[11b]) und Wundt[8]) halten sie für das Hauptmoment, und Eimer[19]) für die einzige Ursache. Weismann[20]) dagegen verwirft die Betheiligung der Vererbung erworbener Eigenschaften ganz und nimmt allein die natürliche Zuchtwahl für die Entstehung der (Formen und) Functionen in Anspruch. Die schlagenden Beweisgründe, welche Weismann für die Unmöglichkeit der Vererbung erworbener Eigenschaften anführt, will ich hier nicht wiederholen. Ich will nur eins[22]) anführen, was für uns hier von Wichtigkeit ist, weil es die Entstehung von complicirten Reflexen behandelt:

Offenbar ist ein grosser Theil der Thätigkeiten, welche von den unfruchtbaren Arbeiterinnen der gesellschaftlich lebenden Hymenopteren (Bienen und Ameisen) ausgeführt werden, angeboren und erst erworben, nachdem bereits die Arbeitstheilung zwischen den fortpflanzungsfähigen Königinnen und den unfruchtbaren Arbeiterinnen stattgefunden hatte. Diese Reflexe können unmöglich durch Vererbung erworbener Eigenschaften entstanden sein, da ja die Arbeiterinnen, welche sie in ihrem Leben erworben haben müssten, gar keine Nachkommenschaft haben konnten. — Da irgend ein Beweis für die Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften nicht vorliegt, und ein befriedigender Weg, auf dem eine somatogene Eigenschaft auf die Geschlechtszellen übertragen werden könnte, nicht ausgedacht werden kann, so müssen wir ihre Möglichkeit vorläufig verneinen. Selbst wenn sie möglich wäre, so müssen wir jedenfalls ihre Wirksamkeit bei dem Entstehen von einfachen und complicirten Reflexen in Abrede stellen, da diese Annahme Bewusstseinsvorgänge niedrigerer Entwicklungsstufen zur Voraussetzung hat, deren Priorität, wie ich oben ausgeführt habe, auf keine Weise erwiesen werden kann. Die einzige Möglichkeit nach unserem heutigen Wissen, die Entstehung und Zweckmässigkeit der Reflexe zu erklären, ist die Selection in dem strengen Sinne Weismann's auf Grund von germinalen Differenzen zwischen den einzelnen Individuen. So schwer es auch ist, die Menge verschiedener Thierformen und die oft so erstaunlichen Functionen ihres Nervensystems sich auf diese Weise entstanden zu denken, so ist es doch zur Zeit die einzige Hypothese, welche im Stande ist, allen Thatsachen gerecht zu werden.

Von der Thatsache ausgehend, dass die Kinder eines Elternpaares, die Thiere eines Wurfes unter einander zwar meist ähnlicher sind, als unter einander nicht verwandte Exemplare derselben Species, aber doch sehr verschieden aussehen, stellte Weismann die Behauptung auf, dass diese Verschiedenheiten auf einer Variation des Keimplasmas beruhten, dass die Eier einer Mutter und die Spermatozoen eines Vaters nicht alle gleichartig seien, sondern von einander mehr oder weniger verschieden, und dass durch die Mischung beider Elemente noch grössere Verschiedenheiten bewerkstelligt würden. (Wie sich Weismann dies Variiren des Keimplasmas vorstellt, ist im Original[21]) nachzulesen). Die besser angepassten Variationen werden nach dem Darwin'schen Princip erhalten, die schlecht angepassten gehen zu Grunde oder kommen nicht zu Fortpflanzung u. s. w. Wie die äusseren Formen variiren und sich die Selection auf diese bezieht, so geschieht es auch mit den inneren Organen und deren Functionen. Es entstehen neue oder abgeänderte anatomische Verbindungen im Nervensystem, und somit kann bei den Kindern auf einen gleichen Reiz ein anderer Reflex eintreten als bei Eltern, oder es können ganz neue Reflexe zu Stande kommen. Es ist damit eine Möglichkeit gegeben, dass sich die Selection auch auf die Zweckmässigkeit der Reflexe erstreckt, ohne dass ein irgendwie psychisches Moment beim Entstehen neuer Reflexe nothwendig wäre.

Schliesslich wird aber auch qualitativ Neues im chemischen Haushalt des Individuums durch Keimesvariation entstehen können und entstehen müssen. Es ist dies ein Punkt, auf den noch nie genügend aufmerksam gemacht wurde, der aber von grosser Bedeutung ist. Die erste Anregung zu diesem Gedanken erhielt ich von meinem Freunde Dr. Embden in Hamburg, welcher die Entstehung einiger abnormer Stoffwechselproducte auf Grund von Keimesvariationen erklären zu müssen glaubt.

Ich will mich hier nicht des Weiteren über die Bedeutung auslassen, welche das Variiren in den chemischen Processen eines Lebewesens hat, sondern nur auf einen bestimmten Fall näher eingehen, der mir für die vorliegenden Betrachtungen von Interesse zu sein scheint: Ebenso verschieden die einzelnen Thiere und Pflanzen morphologisch sind, so verschieden sind sie auch in ihrem chemischen Aufbau. Durch die Methoden der Chemie ist dies bis jetzt nur in geringem Maasse nachgewiesen worden, wir besitzen aber an uns selbst zwei Organe, mit Hülfe deren wir oft sehr viel schneller und

sicherer chemische Unterschiede feststellen können, wie mit den wissenschaftlichen Hülfsmitteln, das ist unsere Nase und unsere Zunge. Ein jeder nicht ganz stumpfsinnige Mensch ist im Stande, mit dem Geschmack einen Gravensteinerapfel von einer Calville zu unterscheiden und nach dem Geruch zu sagen, welche Rose eine La Françe, welche eine Gloire de Dijon ist, ob er sich in einem Kuh- oder einem Pferde- oder Schafstall befindet. Jäger[28]) ist wohl der erste gewesen, der auf diese Unterschiede, die so nahe liegen, zum ersten Mal in genügender Weise aufmerksam gemacht und sie wissenschaftlich verwerthet hat. — In den Gerüchen verschiedener Species einer Thiergattung findet man meist etwas Uebereinstimmendes. So finde ich etwas gemeinsam Charakteristisches im Geruch aller Wiederkäuer und aller Raubthiere. (Dieser gemeinsame Geruchscharakter wird nicht allein durch die Natur der Nahrung bedingt, denn pflanzenfressende Vögel haben ein ganz anderes gemeinsames Charakteristicum wie die Wiederkäuer und Esel und Pferd wieder ein anderes.) Es gibt also Gattungsgerüche und Speciesgerüche. Aber auch die Individuen ein und derselben Species zeigen wieder Unterschiede im Geruch, welche allerdings lange nicht so gross sind wie die zwischen den Speciesgerüchen, aber doch zum Theil auch für unser so niedrigstehendes Geruchsorgan noch deutlich wahrnehmbar sind.

Es ist bekannt, dass Hunde sich unter einander am Geruch erkennen können, und dass sie im Stande sind, ihren Herrn und alle Personen, die sie kennen, dem Geruch nach von anderen Leuten und untereinander zu unterscheiden. Jäger zeigte zuerst, dass auch der Mensch, wenn er ein einigermaassen feines Geruchsorgan besitzt und es genügend geübt hat, im Stande ist, bei jedem seiner Mitmenschen einen mehr oder weniger chrakteristischen Geruch wahrzunehmen, der von dem anderer Personen soweit verschieden ist, dass man ihm daran erkennen kann. Jedenfalls sind diese charakteristischen Individuengerüche schon von vielen vor ihm beobachtet worden, und es dürfte kaum Leute geben, welche überhaupt riechen können, denen nicht der Geruch des einen oder des anderen ihrer Bekannten als ganz charakteristisch aufgefallen ist. Die Geruchsintensität der einzelnen Menschen ist sehr verschieden gross, so dass man bei vielen Leuten überhaupt erst im Stande ist, einen Geruch wahrzunehmen, wenn man seine Aufmerksamkeit darauf richtet. Ich glaube nicht, dass meine Nase besonders fein ist, aber

ich habe, seitdem ich darauf Acht gebe, fast bei allen Menschen, mit denen ich zusammenkam, einen specifischen Geruch wahrnehmen können. Bisweilen kommen Menschen vor, welche mit einem besonders feinen Geruchsorgan ausgestattet sind, und diese sind im Stande, jeden ihrer Bekannten am Geruch zu erkennen. So kenne ich einen Herrn, welcher oft das Experiment gemacht hat, mit verbundenen Augen in einer Gesellschaft von zwanzig und mehr Personen jeden Einzelnen, ohne ihn zu berühren, nur dem Geruch nach mit Sicherheit zu erkennen. Derselbe Herr riecht, wenn er nach Hause kommt, ob Jemand während seiner Abwesenheit im Zimmer gewesen ist, und, wenn er ihn kennt, wer es war. Bis zu dieser Feinheit in der Geruchswahrnehmung habe ich es bisher nicht gebracht, aber auch ich habe bisweilen mit Sicherheit angeben können, wer von mir bekannten Leuten in einem Zimmer sich aufgehalten hat. Ich meine nun hier mit Geruch einer Person nicht Riechstoffe, welche durch Parfüms, riechende Kleiderstoffe, Tabak, die Wohnräume u. s. w. dem Menschen anhaften (Milieugeruch), sondern nur die Geruchsqualitäten, welche von ihr selbst ausgehen, welche von ihr selbst im täglichen Stoffwechsel producirt werden. Der Geruch eines erwachsenen Menschen ist wahrscheinlich — soweit ich das beurtheilen kann — bis auf gewisse Ausnahmen, welche gleich erwähnt werden sollen, constant. So kenne ich einige Leute, die mir schon in frühster Jugend durch ihren eigenthümlichen Geruch auffielen, welche jetzt noch genau ebenso riechen. Säuglinge riechen für meine Nase — und dies bestätigt für seine Person auch der vorher erwähnte Herr — alle ganz gleich, aber schon in den ersten Lebensjahren bilden sich Differenzen heraus, welche in der Zeit der Pubertät ihre volle Ausbildung erreichen und von da an constant zu bleiben scheinen. Der specifische Geruch eines Menschen ändert sich physiologisch vorübergehend bei grossen körperlichen Anstrengungen und bei psychischen Erregungszuständen (ausserdem bei Frauen bei der Menstruation und bei vielen anderen Thieren während der Begattungsperiode). Diese Aenderung im Geruch ist nicht etwa nur eine quantitative, sondern eine qualitative, und kann so gross sein, dass man nicht im Stande ist, den eigentlichen constanten Geruch der Person wieder zu erkennen. (Dasselbe berichtet mein Gewährsmann und Jäger.) Ausserdem können Aenderungen im Geruch einer Person hervorgerufen werden durch Krankheiten, was ja längst bekannt ist.

Der specifische Eigengeruch einer jeden Person rührt in der Hauptsache von der Ausdünstung der Haut, dem Secret der Schweissdrüsen u. s. w. her und ist meist an verschiedenen Körperstellen etwas verschieden (Kopfhaare, Achselhöhle, Rücken). Dazu kommt der Geruch der Excremente, welcher auch bei der grössten Reinlichkeit nie ganz verschwindet. Der Geruch der Excremente an und für sich ist ausserordentlich verschieden und charakteristisch, und es ist sehr leicht, in einem Hause, wo viele Personen denselben Abtritt benutzen, zu sagen, wer ihn zuletzt benutzt hat, wenn man einmal weiss, wie die Excremente der einzelnen Personen riechen. Dass gerade diese Stoffwechselproducte einen sehr ausgeprägt für das Individuum charakteristischen Geruch haben, sehen wir auch aus der Beobachtung der Hunde. Sie beriechen sich fast immer unter der Schwanzwurzel, und gilt es die Identität eines Menschen festzustellen, so schnüffeln sie an seinen Füssen (welche auch sehr ausgeprägte Gerüche produciren) oder in der Gegend der Nates.

Ich könnte hier noch viel anführen; dies dürfte aber genügen zur Feststellung der Thatsache, dass jedes Menschenindividuum und ebenso jedes Säugethierindividuum, wahrscheinlich jedes Thierindividuum überhaupt einen specifischen Geruch hat. Diese Verschiedenheit kann nur beruhen auf einer variablen, aber für jedes Individuum constanten Zusammensetzung der Stoffwechselproducte. Vor Allem mögen es, wie Jäger[28]) meint, die Fettsäuren sein, von denen bald die eine bei einem Individuum überhaupt fehlt, bald eine ganz besonders vorherrscht u. s. w. Dieser Verschiedenheit in der Production chemischer Körper durch den Organismus müssen Unterschiede im Stoffwechsel eines jeden Individuums zu Grunde liegen, welche ihrerseits nur durch Keimesvariation entstehen können. Dies geht mit Sicherheit aus der Thatsache hervor, von deren Richtigkeit sich ja Jeder überzeugen kann, dass erwachsene Kinder ein und desselben Elternpaares, die in derselben Wohnung wohnen, dasselbe Essen zu sich nehmen und notabene keine Parfüms benutzen, wohl wahrnehmbare und oft sogar recht bedeutende Unterschiede im Hautgeruch zeigen. So kenne ich eine Familie, in welcher zwei erwachsene Töchter und ein Sohn einen sehr ähnlichen Geruch haben. Zwei andere erwachsene Söhne ähneln sich ebenfalls im Geruch ausserordentlich. Diese beiden Geruchsgruppen sind aber unter einander so verschieden, wie menschliche Gerüche überhaupt nur sein können.

Auf die Wahrnehmung und Unterscheidung menschlicher Gerüche ist unser Geruchsorgan anscheinend noch angepasst; schon bei anderen Säugethieren wird es schwer, die einzelnen Individuen am Geruch zu unterscheiden; dass aber auch hier Individuengerüche existiren, lässt sich bei Hunden meist noch direct feststellen (auch wenn sie unter gleichen Bedingungen im gleichen Raum leben) und geht aus der Beobachtung der Thiere selbst hervor. Bei niedrigeren Thieren habe ich Unterschiede im Geruch einzelner Individuen neben dem Speciesgeruch nicht mehr feststellen können, es ist aber a priori kaum zweifelhaft, dass auch hier welche bestehen. Die weiter unten angeführten Thatsachen werden dies bestätigen.

Wie es nun Gattungs-, Species- und Individuengerüche gibt, so existiren auch Familiengerüche, und das ist es, worauf ich hinaus will. Dass die Kinder eines Elternpaares im Allgemeinen einander ähnlicher sind, als nicht verwandte Menschen, ist bekannt. In derselben Weise lässt sich auch constatiren, dass die Mitglieder einer Familie meist im Geruch etwas gemeinsam Charakteristisches besitzen. Dies ist nicht durch das gemeinsame Milieu zu erklären, denn ich habe es wiederholt bestätigt gefunden bei Kindern einer Ehe, welche an ganz verschiedenen Orten wohnen. Dass es hiervon Ausnahmen gibt, habe ich schon erwähnt.

Ich glaube nun, dass diese Familiengerüche, dieser den Mitgliedern einer Familie gemeinsame und von dem anderer Familien derselben Species abweichende flüchtige, chemische Stoff (oder eine Mischung von mehreren) in der Lebensgeschichte der gesellig lebenden Hymenopteren eine grosse Rolle spielt, und will nun nach diesen Vorbemerkungen an die Sache selbst herangehen.

Versuche an Ameisen.

Kennen sich die Ameisen eines Nestes unter einander?

Es ist eine alte Erfahrung der Ameisenforscher, dass eine Ameise, in ein fremdes Nest derselben oder einer anderen Art gesetzt, angegriffen, aus dem Nest geworfen oder gar getödtet wird. Bei manchen Arten sind die Angriffe, denen ein fremdes Individuum ausgesetzt ist, sehr heftiger Natur, bei anderen werden die Fremdlinge nur hin und her gezerrt. Man hat daraus den Schluss gezogen, dass sich die zahlreichen Individuen eines Nestes — es gibt Nester mit

mehreren Hunderttausenden von Einwohnern — unter einander persönlich kennen und jeden Fremdling von den ihrigen unterscheiden.

Schon Huber[24]) beobachtete, dass Ameisen eines Stockes, die einige Zeit von ihrem Nest getrennt gewesen waren, von ihren Nestgenossen später wieder als Freunde aufgenommen wurden. Lubbock[1]) hat dies näher untersucht und fand, dass noch nach einer Trennung von beinahe 2 Jahren einige Exemplare von Formica fusca von ihren Nestgenossen freundschaftlich aufgenommen wurden. Er ging noch weiter: er liess Puppen eines Nestes von Arbeiterinnen desselben Nestes pflegen und setzte die später ausgeschlüpften Individuen zum alten Nest zurück. Hier wurden sie ausnahmslos freundlich aufgenommen, d. h. sie wurden nicht angegriffen und von der Farbe befreit, welche zur Kennzeichnung auf ihrem Rücken angebracht war. Anders war es, wenn die Puppen einigen Arbeiterinnen eines fremden Nestes zur Pflege übergeben wurden. Die meisten Individuen wurden auch hier nach dem Ausschlüpfen vom Mutterstock freundlich aufgenommen, aber einige wurden, wenn auch nicht sehr energisch, angegriffen, während sie im Nest der Pflegerinnen ausnahmslos angegriffen wurden. Ich lasse hier die Lubbock'sche Tabelle folgen:

Puppen von Fremden aufgezogen:

	In ihr eigenes Nest gesetzt:	Ins Nest der Fremden gesetzt:
angegriffen	4 resp. 7	15
aufgenommen	37	0

Auch dann, wenn er eine Königin vor dem Eierlegen mit einigen Arbeiterinnen isolirte und die aus dieser Zucht hervorgegangenen jungen Individuen zum Mutterstock zurücksetzte, wurden sie nicht angegriffen.

Hieraus und aus der Beobachtung, dass chloroformirte Individuen, wenn befreundet, in's Nest getragen, wenn von einem andern Nest, angegriffen werden, zieht Lubbock den Schluss, dass die Ameisen eines Nestes sich nicht persönlich kennen, und dass die Erkennung nicht durch ein Zeichen oder eine Parole vermittelt wird; worauf nun aber die verschiedene Behandlung von Freund und Feind beruht, weiss er nicht zu sagen.

Romanes[12]), der diese Versuche Lubbock's citirt, kommt zu dem Schluss, dass es für uns vollkommen unverständlich ist, auf welche Weise Freund und Feind unterschieden werden; jedenfalls scheint es ihm aber, dass hier ein psychischer Process, eine Art von Erinnerung zu Grunde liegt.

McCook machte die Beobachtung, dass Ameisen, welche zufällig in's Wasser gefallen waren, von ihren Nestgenossen angegriffen wurden. Er zog daraus den Schluss, dass bei dem Wasserbad den Ameisen ihr Geruch verloren gehe und dass sie desshalb von ihren Genossen nicht „wieder erkannt" werden. (Ich berichte dies nach Lubbock[1]), da mir das Buch McCook's nicht vorlag.) Er glaubt also, dass „der Geruch" der Ameisen dasjenige sei, wodurch die Individuen jedes Nestes gekennzeichnet würden. Lubbock hat die Beobachtung an seinen eignen Ameisen nicht bestätigen können und hält aus theoretischen Gründen die Annahme McCook's nicht für wahrscheinlich.

Da Ameisen, welche sich begegnen, die Antennen gegen einander schlagen (sich mit den Antennen „betrillern", wie Wasmann[4]) sich ausdrückt), so machte Forel[14]) das Experiment, Thiere dieser Organe zu berauben. Er fand, dass man antennenlose Thiere verschiedener Arten zusammenbringen könnte, ohne dass sie sich angriffen. Da er nun die Antennen für den Sitz des „Geruchssinnes" hält, so glaubt er damit bewiesen zu haben, dass der Geruch dasjenige ist, woran sich die Ameisen eines Nestes „erkennen", indem sie sich des Geruches ihrer Genossen „erinnern". In demselben Sinne spricht sich Wasmann[4 u. 6]) aus. Wenn nun auch wirklich die Antennen die Chemoreceptionsorgane tragen, so ist durch dies Experiment doch noch nicht bewiesen, dass das verschiedene Benehmen gegen Nestgenossen und Fremde auf einem verschiedenen chemischen Stoff basirt, da die Antennen sicher auch noch andere Receptionsorgane tragen. Es muss bewiesen werden, dass es wirklich chemische Stoffe und zwar Stoffe verschiedener Natur sind, die diese Unterschiede hervorrufen. Ferner muss, damit die Ansicht von Forel und Wasmann zu Recht besteht, bewiesen werden, dass jedes Individuum einer Colonie im individuellen Leben erst lernt, auf den „Geruch" der Nestgenossen „freundschaftlich", auf den fremder Thiere „feindlich" zu antworten, dass es nicht etwa bereits ab ovo in dieser Weise reagirt, denn nur dann ist bewiesen, dass wir es hier mit einem „Erkennen", mit einem „Gedächniss" zu thun haben.

Wenn man eine Ameise eines Nestes verletzt und zum Nest zurücksetzt, so laufen die Nestgenossen nicht wie sonst an ihr vorbei, sondern betrillern sie hin und wieder mit den Antennen, zerren sie auch wohl hin und her, thun ihr aber nichts. Um im Sinne anderer Autoren zu reden „die verletzte Ameise erregt die Aufmerksamkeit ihrer Genossen, sie behandeln sie aber doch freundlich". Das ist eine genügend bekannte Thatsache. In gleicher Weise verhalten sie sich nun einem Thier gegenüber, welches man, ohne es aber zu verletzen, in einer Quetschung von Nestgenossen gewälzt hat. Es sind also die bei der Eröffnung der Körperhöhle austretenden Stoffe (vor allem wohl das Blut), welche das veränderte, aber nicht „feindliche" Benehmen der Nestgenossen hervorrufen. Wälzt man nun eine Ameise in einer Quetschung von Ameisen einer andern Art oder eines fremden und „feindlichen" *) Nestes derselben Art und setzt sie zu ihrem eignen Nest zurück, so wird sie wie ein Thier des fremden Nestes behandelt, sie wird gekniffen, gezerrt, mit Gift übergossen oder getödtet.

Hier einige Beispiele:

1) Eine Camponotus herculeanus wird in ein Nest von Tetramorium caespitum gesetzt. (Es ist gut, der Camponotus die Beine etwas zu beschneiden, da sie bei ihrer so weit überlegenen Grösse so schnell läuft, dass sie die kleinen Tetramorien nicht erhaschen können.) Sofort stürzen sich eine Menge Tetramorien auf sie, beissen sich in ihre Beine und Antennen fest und verhindern sie am Entkommen. Nach einigen Secunden ist die Camponotus unfähig sich zu wehren und erliegt den vielfachen Verwundungen. — Einige andere Camponoti werden in einem Uhrschälchen zerquetscht, und in der erhaltenen dicken Brühe einige gezeichnete Tetramorien gewälzt. Wieder zum Nest gesetzt, gerathen ihre Genossen sofort in Unruhe; alle Thiere, die an den Gebadeten vorüber kommen, stürzen sich auf sie, beissen sie in die Beine, den Kopf und den Thorax, zerren sie hin und her, bis sie sich nicht mehr bewegen. Dann zerstreuen sich die Angreifer, aber alle Thiere die nachher an den Todten oder Halbtodten vorbeikommen, laufen auf sie zu, betrillern sie und gehen dann weiter. Nur der sich bewegende „Feind" wird

*) Mit „feindlich" bezeichne ich hier der Kürze wegen ein Nest, dessen Bewohner von dem andern Nest angegriffen werden, ohne damit ein „Feindschaftsgefühl" in unserm Sinne ausdrücken zu wollen.

gebissen, der todte oder bewegungslose wird nur betrillert, dann aber liegen gelassen. Höchstens wird er hin und her gezerrt oder vom Nest fortgeschleppt. (Einige der Gebadeten liefen auf den Nesteingang zu, aber nur einer gelang es, in das Nest einzudringen — was dort aus ihr geworden, weiss ich nicht —, die andern wurden vorher von ihren eigenen Genossen gepackt, getödtet oder wenigstens schwer verletzt.)

2) Wenn ich zu einem Nest von Lasius emarginatus, das ich im Institutsgarten habe, eine Lasius niger setze, so wird sie sofort angegriffen und getödtet. Ich mache nun eine Quetschung von Lasius niger, wälze darin eine Emarginatus und setze sie zum Nest zurück. Sie wird sofort angegriffen, dann aber wieder losgelassen. Nach ein paar Schritten wird sie wieder angegriffen und gebissen. Alle vorbeikommenden Nestgenossen gehen auf sie zu und betrillern die festgehaltene. Wieder wird sie losgelassen, aber schon nach wenigen Schritten von einigen neu hinzugekommenen Genossen und einigen, die sie schon vorher angegriffen hatten, festgehalten und gezerrt u. s. w. Kurz: sie wird nicht wie eine Emarginatus behandelt, aber auch nicht wie eine Niger d. h. sie wird nicht getödtet. Aber auch dies lässt sich erreichen. Ich tauche eine Emarginatus für einen Moment in 30 % Alkohol, dann in Wasser, lasse sie trocknen und bade sie in der Niger-Quetschung. Wenn ein so behandeltes Thier zum Emarginatus-Nest zurückgesetzt wird, so wird es in den meisten Fällen gleich beim ersten Angriff getödtet. (Bemerken will ich hier noch, dass bisweilen auch die Niger nicht getödtet, sondern nur gezerrt und gebissen werden, besonders wenn die Emarginatuscolonie in Unruhe ist.)

3) Dass Tetramorium caespitum in ihr Nest gesetzte Lasius niger oder Myrmica scabrinodis sofort tödten, habe ich nie beobachtet. Es wurden aber beide Arten immer gleich von einem ganzen Haufen Tetramorium angegriffen, hin und her gezerrt und gebissen. Wenn dann die Myrmica in Starrkrampfreflex verfallen, d. h. sich todt stellen*), so werden sie gewöhnlich losgelassen und nur noch von allen vorübergehenden Tetramorien betrillert. So wie sie aber wieder

*) Das „sich Todtstellen" so vieler Arthropoden ist jedenfalls ein Reflex; ein Reflex, dessen Zweckmässigkeit bald mehr, bald weniger auf der Hand liegt. Er hat grosse Aehnlichkeit mit dem von mir bei Carcinus Maenas[9]) beschriebenen Starrkrampfreflex und da auch bei dem „sich Todtstellen" das Starrkrampfartige und die Reactionslosigkeit in den Vordergrund tritt, so schlage ich vor, auch diesen Reflex fortan als „Starrkrampfreflex" zu bezeichnen.

anfangen, sich zu bewegen, stürzen sich die Tetramorien auf sie und zerren und kneifen sie von Neuem oder schleppen sie in's Nest. Bei den wiederholten Angriffen kann es dann passiren, dass die Myrmica zu Grunde geht. Verletzte Tetramorien oder solche, die in einer Brühe ihrer Genossen gewälzt sind, werden immer nur von einigen Genossen betrillert, eventuell etwas gezerrt; es stürzt sich aber nie ein ganzer Haufe auf sie, und vor allem werden sie nicht gebissen. Wälzt man aber einige Tetramorien in einer Quetschung von Lasius niger oder Myrmica scabrinodis, so kann man leicht denselben Effect erzielen, als wenn man Exemplare dieser Arten selbst in's Nest setzt.

Es ist also möglich, durch Benetzung des Ameisenkörpers mit einer Ausquetschung einer anderen Art das Thier so zu verändern, dass es von seinen Nestgenossen nicht mehr wie ein Nestgenosse, sondern wie ein Feind behandelt wird.

Sehr viel schwerer ist es, auf dem umgekehrten Wege einen Feind so zu verwandeln, dass er wie ein Nestgenosse aufgenommen wird. Aber auch dies gelingt:

Wenn man eine Myrmica scabrinodis einfach in einer Quetschung von Tetramorium caespitum wälzt, so wird sie zwar, zum Tetramoriumnest gesetzt, weniger stark angegriffen als ohne Bad, aber angegriffen wird sie doch. Wenn man sie aber zu wiederholten Malen für einen Augenblick in 30—50 % Alkohol taucht und dann jedes Mal den Alkohol in Wasser abspült — eine Manipulation, die den Thieren gar nichts schadet, wenn sie nur recht schnell ausgeführt wird —, sie auf Fliesspapier trocknen lässt und dann in einer Quetschung von Tetramorium wälzt, so kann man sie in das Tetramoriumnest setzen, ohne dass sie Angriffen ausgesetzt ist. Man darf natürlich nicht erwarten, dass die Myrmica wie eine ganz normale Tetramorium behandelt wird, denn, wie bereits gesagt, wird eine Tetramorium, die verletzt oder in einer Tetramoriumquetschung gewälzt ist, von den Nestgenossen betrillert und eventuell etwas gezerrt. Etwas anderes passirt aber unserer Myrmica auch nicht. Die vorübergehenden Tetramorien betrillern sie oder thun nicht mal das, zerren auch einmal an ihr herum, gehen dann aber wieder ihres Weges. Ja, die Tetramorien lassen sie unbehelligt in das Nest hinein, trotzdem die Myrmica halbmal so gross ist wie sie selbst, und statt schwarz schön rothbraun aussieht.

Es gelang mir auch eine Camponotus herculeanus, die an Körpervolumen den Tetramorien gewiss um das 50fache überlegen ist, auf demselben Wege so zu verändern, dass sie unangegriffen und nur hin und wieder betrillert auf dem Tetramoriumnest umherspazierte. — Wenn man eine fremde Ameise in ein Nest setzt, so reagiren die Einwohner desselben bereits, ehe sie ganz dicht an den Fremdling herangekommen sind; sie stürzen aus einer Entfernung von einigen Millimetern auf ihn los. Es muss also etwas schon auf die Ferne Wirkendes sein, was ihn von ihresgleichen unterscheidet. Dass dies nicht seine Form und Farbe sein kann, geht aus den beschriebenen Versuchen hervor, bei denen durch das Bad Form und Farbe nicht verändert und trotzdem ein gleichaussehender Freund in einen Feind und ein anders aussehender Feind in einen Freund verwandelt wird. Was bei diesen Versuchen geändert wird und daher das einzig Maassgebende ist, können nur die flüchtigen Stoffe sein, welche wir a priori bei jedem Thier annehmen müssen. Beim Zerquetschen der Ameisen gehen diese flüchtigen Stoffe mit in die Brühe über und werden beim Wälzen eines anderen Individuums in dieser Brühe auf dieses übertragen. Das Alkohol- und Wasserbad bewirkt dabei nichts anderes, als dass es die flüchtigen Stoffe, die dem Thiere selbst anhängen, möglichst abwäscht und so die neuen flüchtigen Stoffe reiner zur Wirkung bringt. Es ist mit diesen Versuchen die Annahme von McCook, Forel und Wasmann vollkommen erwiesen, dass es nämlich ein flüchtiger Stoff, ein „Geruchsstoff" ist, welcher den Unterschied für die Ameisen zwischen Angehörigen der eignen und einer fremden Colonie bedingt. (Wenn Ameisen, die mit Asa foetida geräuchert sind, von ihren Genossen nicht angegriffen werden, so beweist dies nicht, wie Darwin meint, dass der Geruch keine Rolle bei dem „Erkennen" der Nestgenossen spielt; es beweist nur wieder einmal, dass die Annahme, ein Stoff, der auf uns sehr stark wirkt, müsse dies auch bei anderen Thieren thun, falsch ist).

Woher stammt nun dieser flüchtige Stoff (oder diese Mischung von mehreren Stoffen), den ich zunächst als „Neststoff" bezeichnen will, da wir wissen, dass die Bewohner eines Nestes sich unter einander nichts thun, dagegen die Bewohner eines jeden fremden Nestes angreifen? Er könnte von Aussen kommen oder von den Ameisen selbst producirt werden. Dass die meisten flüchtigen Stoffe,

welche von aussen kommen, gar keine oder nur eine sehr geringe Rolle spielen, geht mit Sicherheit daraus hervor, dass man vom Stock separirte Ameisen unter den verschiedensten Bedingungen halten kann [mit Asa foetida (Darwin) behandeln, in Cigarrenkisten, unter allerhand Pflanzenstoffen u. s. w. aufheben kann], ohne dass eine wesentliche Aenderung im Verhalten ihrer Nestgenossen gegen sie beim Zurücksetzen zum Nest bemerkt werden könnte. Dass der Neststoff von den Ameisen selbst und zwar von jedem Individuum für sich producirt wird, lässt sich aber direct beweisen. Wenn man eine Ameise in Alkohol und Wasser gebadet hat, so wird sie, zum Nest zurückgesetzt, von ihren Nestgenossen nicht wie ihresgleichen behandelt. Sie gehen nicht ruhig an ihr vorüber, sondern eine nach der andern geht an sie heran, betrillert sie mit den Antennen und geht erst dann weiter. Häufig kann man auch sehen, dass sie hin und her gezerrt und von einer grösseren Anzahl umlagert wird. (Möglicher Weise mag bei einzelnen Arten auch ein einfaches Wasserbad genügen, wie dies McCook beschrieben hat). Wie ich schon vorher sagte, ist anzunehmen, dass durch den Alkohol die flüchtigen Stoffe, besonders Fettsäuren und dergleichen fortgewaschen und so ein Unterschied zu den normalen Thieren geschaffen wird. Sperrt man solche mit Alkohol behandelten Thiere einige Tage ein und setzt sie dann zum Nest zurück, so wandern sie unbehelligt umher. Daraus geht hervor, dass der Neststoff, der ihnen durch den Alkohol genommen war, von ihnen selbst wieder producirt worden ist, dass also der Neststoff aus Stoffwechselproducten besteht. Aus den schon erwähnten Versuchen Lubbock's[1]), dass unter der Pflege von Nestgenossen oder Fremden ausgeschlüpfte Ameisen, in ihr Nest zurückgebracht, nicht angegriffen wurden, geht hervor, dass der Neststoff angeboren und für alle Individuen eines Nestes gleich oder wenigstens sehr ähnlich ist. — Der Neststoff ist also für alle Individuen, welche aus einem Stock hervorgegangen sind, gleich oder nahezu gleich, er ist für jedes einzelne Nest charakteristisch, und er wird von jedem Einzelthier producirt.

Die Verschiedenheit der Neststoffe verschiedener Nester wird nun ungezwungen durch die in den Einleitungen beschriebenen angeborenen Variationen im Stoffwechsel, die Gleichheit oder Aehnlichkeit im Neststoff aller Individuen eines Nestes durch Aehnlichkeit der Stoffwechselproducte von Kindern eines und desselben oder nahe

verwandter Elternpaare erklärt. Wir wissen durch die trefflichen Untersuchungen Forel's[13]) (S. 397), dass nach dem Hochzeitsflug fremde oder überhaupt in der Luft befruchtete Weibchen in keinem Stock aufgenommen werden, sondern dass alle Ameisennester ihren Bedarf an Weibchen aus solchen Thieren decken, die auf oder im Nest von Männchen desselben Nestes befruchtet worden sind. Auf diese Weise kommt es, dass alle Individuen eines Nestes nahe mit einander verwandt sind und einen ähnlichen Stoffumsatz haben, also auch einen ähnlichen Neststoff produciren, um mit den Worten der Einleitung zu sprechen, einen gemeinsamen „Familiengeruch" besitzen. Diesen Stoff darf man aber nicht Nestgeruch nennen, wie dies Wasmann that, da es nicht nachgewiesen ist, dass die Ameisen die psychische Qualität des „Riechens" besitzen.

Es ist nun noch die Frage zu beantworten, ob dieser Neststoff ab ovo ein adäquater Reiz für jedes Individuum ist, und jeder andere Neststoff eine Reaction auf dasselbe ausübt, oder ob die Thiere erst im individuellen Leben den eignen Neststoff von fremden Neststoffen unterscheiden lernen, ob hier ein Gedächnissvorgang, ein psychischer Process vorliegt, wie die Autoren glauben.

Ein Beweis dafür, dass hier ein Gedächtnissprocess vorliegt, ist bis jetzt nicht erbracht worden. Forel[14]) (S. 236) stützt sich bei seiner Annahme, wie es scheint, hauptsächlich darauf, dass sich Ameisen eines Stockes nach einiger Zeit der Separation angreifen, indem er glaubt, dass sie den Geruch ihrer Genossen „vergessen" haben. Er sagt an dieser Stelle, dass dies bei einigen Arten schon nach 6 Wochen eintrete. Auf welchen Versuchen diese Angabe basirt, habe ich nicht herausgefunden. Einen Fall berichtet er[14]) (S. 286), in dem sich zwei ursprünglich zusammenhängende Nester trennten, und hier fand er, dass sich die Einwohner beider nach Verlauf von 3 Jahren bekämpften. Dies lässt nun dnrchaus nicht die Deutung zu, dass hier der Neststoff „vergessen" worden ist. Die nach 3 Jahren in den Nestern lebenden Individuen stammten grösstentheils von Eltern, welche zwar verwandt miteinander waren, aber nicht so nahe, wie die jedes einzelnen Nestes untereinander. Es beweist gerade dieser Fall, wie stark der Neststoff variirt, wenn Differenzen nicht durch Inzucht immer wieder ausgeglichen werden.

Wenn man eine separirt gewesene Ameise zu ihrem Stock zurücksetzt, so reagiren die Nestgenossen gar nicht darauf, und sie selbst läuft ganz ruhig auf dem Nest umher und in das Nest hinein.

Setzt man eine fremde Ameise auf das Nest, so reagiren, wie wir gesehen haben, die Nestbewohner sehr lebhaft, aber auch der Fremdling benimmt sich ganz anders wie auf seinem eignen Nest. Für den Fall, dass sich keine Ameisen auf dem Nest befinden, er also nicht gleich angegriffen wird, läuft er unruhig hin und her und strebt vom Nest fort oder verbirgt sich. Leider standen mir aus isolirten Puppen ausgeschlüpfte Junge nicht zur Verfügung, aber ich glaube, dass auch dies beweisend ist: Ich entnahm einem Lasius niger-Nest ganz junge, noch helle und weiche Exemplare und hielt sie bis zur Erhärtung in einer Schachtel. Ein Feind war ihnen noch nie begegnet, trotzdem geriethen alle, die auf ein Tetramorium-Nest gesetzt wurden, in die grösste Unruhe, während andere zum eignen Nest zurückgesetzt, ruhig zwischen ihren angeborenen Nestgenossen umher gingen und in das Nest hinein liefen. Ferner: Einige Tetramorien, die ich ganz jung aus dem Nest entfernte und mit etwas feuchter Erde aufbewahrte, gründeten ein kleines Nest. Als ich zu ihnen eine Formica fusca setzte, die ich aus dem Walde mitgebracht hatte, griffen sie sie sofort heftig an. Diese Fälle können noch leicht durch einige in der Literatur beschriebene ergänzt werden. Es scheint mir dies aber zu genügen, um zu beweisen, dass die verschiedene Reaction auf gleichen und ungleichen Neststoff etwas Angeborenes, etwas nicht Erlerntes ist.

Die viel gerühmte Harmonie der Ameisennester („Ameisenstaat" ist ein recht unzweckmässiges Wort, wie schon verschiedene Autoren hervorgehoben haben) beruht im Grossen und Ganzen, so weit mir scheint, auf nichts anderem, als dass ein Thier dem andern nichts thut. Lubbock kommt zu ganz ähnlichen Resultaten. In einigen speciellen Punkten ist eine Correlation in den Handlungen mehrerer Thiere nicht zu bestreiten, z. B. beim Füttern, bei Kämpfen, beim Putzen u. s. w. Das sind aber Dinge die nicht hierher gehören. Jedes Thier arbeitet für sich, und das gegenseitige Helfen ist meist nur scheinbar. (Beim Bauen der Nester ist ein gemeinsames Arbeiten, wie man es im hohen Grade bei Bienen findet, kaum vorhanden. Zu oft bemerkt man, dass ein Thier eine Tannennadel oder ein Sandkorn, das ein anderes herbeigeschleppt hat, wieder fortträgt, dass ein Thier nach dem Einsturz eines Sandgewölbes die Sandkörner aus dem verschütteten Gang herausträgt und ein anderes dieselben oder andere wieder hineinwirft. Auch das gemeinsame Schleppen eines schwereren Gegenstandes ist wohl immer nur scheinbar. Eine packt den Gegen-

stand, kommt aber nicht damit vorwärts. Eine andere packt ihn auch, zieht aber vielleicht nach der entgegengesetzten Seite, lässt wieder los, wie das so oft geschieht, und fasst wo anders an. Schliesslich kommt es dazu, dass beide in derselben Richtung ziehen; primär geschieht das nur sehr selten, und dann ist es wohl sicher immer Zufall). Ein Thier reagirt unter normalen Verhältnissen nicht auf das andere. Da der Neststoff bei allen gleich oder sehr ähnlich ist, so setzt er keinen Reiz. So kommt es, dass ein isolirt gewesenes Thier, in's Nest zurückgesetzt, den normalen Reizen ausgesetzt wird. Es läuft daher ruhig weiter und ruft keine Reaction bei den Kameraden hervor. Dass der Neststoff jedes Thieres auf seine Genossen gar keinen Reiz ausübt, geht aber am besten aus einem Versuch Lubbock's hervor, den ich bestätigen kann. Sperrt man einige Ameisen in eine Flasche, verbindet sie mit Tüll, durch den sie nicht hindurchkönnen, und legt die Flasche vor das Nest, so gehen die Genossen reactionslos daran vorüber und lassen die eingesperrten Thiere verhungern.

Ameisen, denen der Neststoff genommen ist, rufen schon, wie ich oben gezeigt habe, eine Reaction unter ihren Nestgenossen hervor, indem der Mangel des Neststoffes bereits einen Reiz abgibt. Man kann dies auch auf andere Weise zeigen: Wir müssen annehmen, dass das ganze Nest von dem Neststoff durchräuchert ist. Bringt man ein wohl gereinigtes Papierstückchen neben einen Nesteingang, so kannn man häufig bemerken, dass es von den vorüberkommenden Ameisen einige Zeit lang betrillert wird. Die Reaction ist geringer wie bei einer in Alkohol gebadeten Ameise, da, wie ich schon oben gesagt, der sich bewegende Körper eine stärkere Reaction hervorruft, wie ein still liegender.

Ist aber nicht nur ein Mangel an Neststoff, sondern auch ein anderer Neststoff vorhanden, so wirkt dies als starker Reiz und zwar in verschiedener Weise auf die Nestbewohner und auf den Fremdling.

Begegnen sich zwei Ameisen verschiedener Nester im Freien, so laufen sie entweder vor einander fort, oder sie kämpfen; das ist je nach den Arten verschieden. Setzt man einen Fremdling auf ein Nest, so wird er sofort unruhig, und der Fluchtreflex wird ausgelöst. Die Bewohner des Nestes stürzen aber auf ihn los und tödten ihn. Der Fremdling gelangt in eine kräftige Atmosphäre des fremden Neststoffes, und dieser starke Reiz löst Fluchtreflex

aus. Die Einwohner des Nestes trifft ein schwächerer Reiz, ein Reiz, der geringer ist als der constant auf sie einwirkende und als solcher reactionslose, welcher von ihrem eigenen Neststoff ausgeht; in Folge dessen wird bei ihnen ein anderer Reflex, der Kampfreflex (oder wie man ihn nennen will), ausgelöst. Auf diese Weise erklärt es sich einfach, dass der „Muth" der Ameisen proportional ihrer Masse ist. — Wir haben vorher gesehen, dass in einer Flasche befindliche Ameisen auf die Nestgenossen keine Reaction ausüben. Sperrt man nun in eine andere Flasche einige fremde Ameisen und legt die Flasche vor das Nest, so kommen die Nestbewohner an dieselbe heran und ruhen nicht, bis sie den Tüll durchnagt und die Insassen der Flasche getödtet haben. (Lubbock[1]) Seite 85). Sperrt man die Fremden in eine zugeschmolzene Glasröhre, durch deren Wände ihr Neststoff nicht nach aussen gelangen kann, und legt diese neben das Nest, so bekümmern sich die Nestbewohner gar nicht um die Insassen, trotzdem sie ihnen optisch zugänglich sind. Es geht also aus alledem hervor, dass der Neststoff eines Nestes auf die Bewohner eines anderen Nestes als Reiz wirkt und bestimmte Reflexe auslöst, Reflexe, die nach Intensität des Reizes verschieden sind. Auf diese Weise wird das „Kennen" von Freund und Feind bei den Ameisen auf einfache physiologische Vorgänge zurückgeführt. Liebe und Hass, Neigung und Zuneigung, Eigenschaften, die von den Anthropomorphisten ohne weiteres den Ameisen zugeschrieben werden, und die sogar Wasmann zulässt, existiren bei diesen Thieren nicht; oder wenigstens ihre Annahme ist zurückzuweisen, da ein einfacher Weg der Thatsachenerklärung vorliegt.

Man wird mir nun zur Widerlegung meiner Beweisführung die Thatsache von den natürlichen und künstlichen zusammengesetzten Nestern vorführen. Es ist bekannt, dass einige Ameisenarten, z. B. Polyergus, auf das Zusammenleben mit sogenannten Sklaven, mit Arbeiterinnen ganz anderer Species und Arten angewiesen sind, indem sie selber nicht im Stande sind, ihre Larven zu besorgen und zu fouragiren, und dass man andere Ameisenarten bald rein, bald gemischt mit Individuen eines andern Species antrifft, dass man schliesslich im Stande ist, künstliche Nester aus verschiedenen Arten zu bilden, indem man entweder junge Thiere zusammenbringt oder ältere in einem Sack durcheinander schüttelt.

Ich habe gezeigt, dass die isolirten, eben ausgeschlüpften Indi-

viduen nach dem Erhärten fremde Ameisen angreifen, und, in ihr eigenes Nest zurückgesetzt, nicht unruhig werden, dass ihnen also das Reagiren auf gleichen und ungleichen Neststoff angeboren ist. Aus dem Versuch Forel's[18]), dass man ganz junge Individuen verschiedener Nester zusammenbringen kann, ohne dass sie sich angreifen, geht hervor, dass sich diese Reflexe entweder erst in den ersten Tagen des individuellen Lebens herausbilden, oder dass bei den ganz jungen Individuen, wie bei den Puppen und den menschlichen Säuglingen (siehe oben) der Neststoff noch mehr indifferenter Natur ist. Auch Wasmann ist dieser Ansicht. Bei dem innigen Zusammenleben ist es nun natürlich, dass sich die Neststoffe unter einander mischen, dass jedes Paar ausser seinem eigenen auch fremden Neststoff an sich trägt. In Folge dessen werden Individuen solcher Colonieen, in ihr eigenes Nest zurückgesetzt, angegriffen, ebenso wie Thiere, denen man künstlich einen anderen Neststoff beigebracht hat. Es spricht hierfür schon der Befund Lubbock's, dass Ameisen, die als Puppen der Sorge fremder Pflegerinnen überlassen waren, in ihr eigenes Nest zurückgesetzt, bisweilen angegriffen wurden. (Siehe oben.) Bei den sklavenmachenden Ameisen schlüpfen die Sklaven im Nest der „Herren" aus, nehmen hier deren Neststoff zum Theil an und werden daher, zu ihrem Ursprungsnest zurückgesetzt, angegriffen; nicht sie sind die Angreifer, sondern ihre früheren Nestgenossen. Bei den künstlichen Schüttelnestern werden ganz ähnlich wie beim Baden in einer Quetschung die Neststoffe aller im Sack enthaltenen Arten durcheinander gemischt und bleiben es beim späteren Zusammenleben. Zu ihren Ursprungsnestern zurückgesetzt, werden die Thiere daher angegriffen, würden es aber, wie ich meine, nicht mehr, wenn man sie mit Alkohol reinigte und einige Tage zur Production des eigenen, reinen Neststoffes isolirt aufhöbe. Warum Thiere solcher Colonieen also von ihren natürlichen Nestgenossen angegriffen werden, scheint in der Erklärung nicht schwierig.

Unerklärlich scheint es aber zunächst, wie zwischen den nicht blutsverwandten Thieren Frieden bestehen kann, wenn man nicht annehmen will, dass jede Art lernt, den Neststoff der andern als befreundet anzusehen. Ich glaube aber, dass wir nicht die Zuflucht zu psychischen Qualitäten zu nehmen brauchen, um dies zu erklären. Bei einem künstlichen Schüttelnest Forel's[18]) (siehe 278) zwischen Formica sanguinea und Formica pratensis dauerten die

Feindseligkeiten noch einige Zeit fort, später thaten sie sich nichts mehr unter einander. Unzweifelhaft mischten sich bei diesem Zusammenleben die Neststoffe. Die Sanguinea producirten ihren eignen und nahmen dazu den der Pratensis an und umgekehrt. Ich meine nun, dass die Pratensis nach der Vereinigung nur noch den eignen Neststoff, der den Sanguinea anhaftete, recipirten und vice versa. Nicht, dass sie den andern Neststoff „kennen gelernt" hatten, sondern dass sie nicht mehr auf ihn reagirten. Zu diesem Nichtmehrreagiren braucht man keinen psychischen Process, etwa wie „Vergessen", anzunehmen, sondern es ist ein analoger Process, wie die Gewöhnung des Körpers an ein Gift. Es geht dies aus dem Versuch hervor, den Forel nach 2 Monaten anstellte. Er setzte eine Hand voll Pratensis von demselben Nest, von dem die ersten genommen waren, zu der Allianzcolonie. Die Sanguinea und die neuen Pratensis bekämpften sich, aber der Kampf war wenig energisch, und nur wenige wurden getödtet. Wie kommt dies, da sich doch sonst beide Arten energisch bekämpfen? Der Neststoff der Sanguinea wirkte nicht rein auf die neuen Pratensis, da ihnen auch ihr eigner anhaftete, und der reine Neststoff der Pratensis wirkte nicht so energisch auf die Sanguinea, weil die Wirkung dieses Reizes auf sie durch das Zusammenleben mit Pratensis abgeschwächt war. Sie traten ihnen etwa wie Thieren gegenüber, die in Alkohol gebadet sind. Das Beweisendste aber ist, dass die Pratensis des Nestes die neu Angekommenen nicht angriffen, sich garnicht um sie kümmerten, während die neu Angekommenen auf sie losgingen und sie kniffen, sie im ganzen aber noch weniger energisch angriffen wie die Sanguinea. Auf die Pratensis des Nestes konnten ihre früheren Nestgenossen gar nicht als Reiz wirken, weil sie den ihnen selbst eigenthümlichen und adäquaten Neststoff trugen. Auf die neu Angekommenen mussten die alten Nestschwestern als Reiz wirken, weil ihr Pratensisneststoff durch den Sanguineaneststoff teilweise gedeckt war.

Es steht also von dieser Seite her der Annahme nichts im Wege, dass in der That die verschiedene Reaction gegen Nestgenossen und Nestfremde auf einem angeborenen Reflex beruht.

Wie finden die Ameisen ihren Weg?

So viel ich sehe, führen alle Autoren mehr oder weniger das Finden des Weges bei den Ameisen auf psychische Processe zurück.

Bald sollen sie sich optisch orientiren, bald sollen sie den Weg „riechen" und eine grössere oder geringere Menge von Erinnerungsbildern mit sich tragen. Auch Forel[14]), der das Wegfinden auf den psychischen Process des „Riechens" zurückführt, glaubt, dass die Ameisen die Umgebung ihres Nestes auf einige Meter kennen. Dass dies nicht durchgehends der Fall ist, lässt sich leicht zeigen, besonders bei kleineren Colonieen. Wenn von einem Stock (Lasius niger, Lasius emarginatus, Formica rufa) eine offene Strasse abgeht, und man nimmt ein Thier vorsichtig von der Strasse auf und setzt es zwei bis drei Centimeter von der Strasse entfernt in einer Gegend, wo keine Seitenwege vom Hauptweg abgehen, auf den Boden nieder, so läuft es in den weitaus meisten Fällen in irgend einer Richtung davon und nur zufällig trifft es wieder auf den Weg. Oft läuft es gerade von der Strasse fort, wird unruhig, macht Kreise und Bögen, und entfernt sich nicht selten soweit von dem Nest, dass es ohne Hülfe überhaupt nicht wieder zurückfindet. Bei diesem unruhigen Umherlaufen dreht es sich fortwährend nur von rechts nach links und bewegt die Antennen gegen den Boden, eine Handlungsweise, die man anthropomophistisch als „Suchen" bezeichnet hat. Trifft es bei diesem Umherirren zufällig auf einen Weg seiner Nestgenossen, so stellt es nach einigen stärkeren Antennenschlägen die Pendelbewegungen des Körpers ein und folgt dem Wege. Kleinere Wege sind nun als solche garnicht zu erkennen, und man merkt nur an den sofort veränderten Bewegungen, dass das Tier auf einen Weg gekommen ist. Bei grösseren Stöcken sind die Seitenwege so zahlreich, dass die Chance auf einen solchen zu treffen sehr gross ist, aber auch hier lässt sich die vollkommene Orientirungslosigkeit einer dicht neben den Weg gesetzten Ameise oft demonstriren. So sah ich an einem Obstbaum eine 3 cm breite und von zahlreichen Ameisen begangene Strasse heraufgehen. Ich setzte nach einander mehrere Exemplare 2—3 cm neben den Weg, und fast jedes mal dauerte es lange Zeit, bis die Thiere nach langem Umherirren wieder auf den Weg kamen, nur selten steuerten sie rein zufällig direct auf den Ameisenweg zu. Es ist also nicht richtig, dass die Ameisen die Umgebung ihres Nestes „kennen"; sie gehen immer auf bestimmten Bahnen, auf Wegen, die schon begangen worden sind. Von einem „Orientirungssinn" oder einem optischen „Wiedererkennen" der Gegend, an die bei der geringen Ausbildung der Augen schon von vornherein kaum zu denken ist, kann keine Rede sein. Es

muss vielmehr dem Wege selbst etwas anhaften, was die Thiere leitet; ohne dasselbe sind sie auf das Umherirren, auf den Zufall angewiesen. Da jeder Weg einmal zuerst begangen werden muss, so lag es nahe, zu untersuchen, wie hierbei der Weg zum Nest zurückgefunden wird. Zu diesem Zweck legte ich neben einen Nesteingang (Lasius niger, Lasius emarginatus, Myrmica scabrinodis) berusstes Glanzpapier, auf welchem man die Spuren der Füsse besonders mit der Lupe sehr deutlich verfolgen, vor allem aber auch sehen kann, welche Spur von einem belasteten, welche von einem unbelasteten Thier stammt. Auf das Glanzpapier wurde an irgend einer Stelle geschabtes Fleisch, Zucker oder Honig niedergelegt. Von jedem Nest gehen häufig einzelne Thiere, sogenannte „Kundschafter", abwärts von den gebahnten Strassen, um Nahrung zu „suchen". Ich beschreibe nun einen speciellen Fall: Das Papier war vor einem Lasius emarginatus-Nest ausgelegt, auf demselben befand sich dem Nest zugewandt Zucker und in einiger Entfernung etwas Fleisch (Tafel I). Dass erste Thier, welches heraufkam, lief, wie immer bei diesen Expeditionen, in geschlängelter Linie (*a*) hin und wieder, eine Schleife machend, mit dem Kopf und den Antennen pendelnd, über das Papier fort, traf aber nicht auf die Nahrungsmittel.

Das nächste Thier nahm den punktirten Weg *b* und gelangte zum Zucker. Es nahm ein Zuckerkorn auf und ging nun, stark mit den Antennen trillernd, auf dem dick ausgezogenen Weg b_1, der sich fast vollkommen mit dem Hinweg deckt, zum Nest zurück. Das Thier ging also den Weg, den es gekommen war, und machte auch die grosse Schleife mit, schnitt aber die 8förmige Schleife ab. Noch ehe es im Nest verschwunden war, kam an derselben Stelle, wo *b* herunter gegangen war, ein drittes Thier c auf das Papier und folgte der Spur des *b*-Thieres, nur mit dem Unterschied, dass es die grosse Schleife nicht mitmachte (gestrichelte Linie *c*); es nahm ein Zuckerkorn und lief denselben Weg zurück. Bei diesen Wegen schliffen sich die Curven, welche das *b*-Thier auf dem Hinwege gemacht, schon etwas ab. Es kamen nun im Laufe von $1^1/_2$ Stunden eine ganze Reihe von Thieren (oft waren 5—6 auf dem Wege oder beim Zucker) meist einzeln, welche alle der Spur folgten. Hierbei wurden die Curven mehr und mehr vermieden, bis sich schliesslich eine fast gerade Strasse zwischen dem Zucker und dem Nesteingang bildete. Ein Tier wanderte nun vom Zucker weiter auf der punktirten Linie *d*, machte mehrere Schleifen und gelangte zu dem Fleisch. Es nahm ein Stückchen und ging den

Weg, den es gekommen war, zurück (ausgezeichnete Linie d_1), machte aber die 4 Schleifen des Hinweges nicht mit. Ein anderes Thier folgte derselben Spur, schnitt aber den grossen Bogen bei x nach einigen Antennenschlägen ab und ging denselben Weg zurück. Später kamen eine ganze Anzahl Thiere denselben Weg (unter diesen mögen sich auch die ersten wiederbefunden haben) und verkürzten den Umweg mehr und mehr, bis ein fast gradliniger Weg zwischen Fleisch und Zucker entstanden war. Es entfernt sich aber nie ein Thier um mehr als eine Antennenlänge von der Spur. — Von *e* kam, noch ehe alles Fleisch fortgetragen war, ein Individuum einer dicht benachbarten Myrmica scabrinodis-Colonie herauf. Es machte einen stark geschlängelten Weg und gelangte zum Fleisch, nahm ein Stück und ging unter Abschneidung aller Schleifen fast geradlinig, aber der Spur folgend, wieder vom Papier herunter (gestrichelte und glatte Linie bei *e*).

Derartige von den Ameisen selbst aufgezeichnete Wege, deren Anfertigung ich theilweise überwachte, besitze ich eine ganze Anzahl von Lasius emarginatus, Lasius niger und Myrmica scabrinodis. Alle zeigen dasselbe: Ueberall, wo ein Thier, das nur auf dem Papier gewesen ist, also auf keine alte Ameisenstrasse gelangt sein kann, zum Nest zurückkehrt, nimmt es denselben Weg, den es gekommen ist, mit dem Unterschied, dass vorher gemachte Schleifen meist beim Rückweg abgeschnitten werden. (Einmal habe ich gesehen, dass ein Thier die vorher gemachte Schleife beim Rückweg mehrere Male wiederholte.) Hat ein Thier auf einem Wege nichts gefunden, so habe ich nie auf den Blättern verzeichnet gesehen, dass ein zweites Thier denselben Weg gegangen ist. Ist jedoch ein Thier zum Zucker, Honig oder Fleisch gelangt, so folgen fast immer andere Thiere der Spur, die es gegangen ist, und zwar meist ganz unabhängig von dem Thiere, das den Vorrath zuerst fand. Es folgt daraus, dass jedes Thier nicht nur eine Spur hinterlässt, welche Anderen und ihm selbst als Wegweiser dient, sondern dass dieser Spur auch etwas anhaftet, was dem nachfolgenden Individuum einen „Fingerzeig" gibt, ob auf diesem Wege etwas zu finden ist oder nicht. Ich kann mit Bestimmtheit versichern, dass hierbei eine „Mittheilung", wie sie von vielen Autoren als nothwendig angenommen wird, nicht stattzufinden braucht. Ich sah nämlich mehrmals, dass,

nachdem das erste Thier im Nest verschwunden war, ein Thier, von einem andern Ort als dem Nest kommend, auf das Papier ging und der Spur des ersten, dem es nicht begegnet war, folgte. Schliesslich geht aus den Blättern hervor, dass ein zuerst fast immer sehr krummer Weg sich der geraden Linie mehr und mehr nähert, je öfter er begangen wird. Ich habe dies auch bei sehr langen Strassen im Sande mehrmals beobachten können. Die Erklärung dieses Phänomens, das die Anthropomorphisten für ein Zeichen besonderer Intelligenz und mathematischer Begabung angesehen haben, ist sehr einfach. Alle Thiere und so auch die Ameisen bewegen sich möglichst geradlinig fort. Die Ameisen thun dies nur dann nicht, wenn sie ohne Weg gehen, wobei sie, wie erwähnt, sich hin und her wenden und auch langsamer gehen. Wenn nun ein Weg eine Krümmung macht, so schiesst jedes Individuum, das dem Wege folgt, beim Anfang der Krümmung in der alten Bewegungsrichtung fort; es schneidet so einen kleinen Sectoren ab und hinterlässt auf diesem Wege die Spur, deren Natur noch zu ergründen ist. Die nächste schneidet wieder etwas ab und so nähert sich der Weg mehr und mehr der geraden Linie.

Wenn man über eine lange Ameisenstrasse, von der keine Seitenwege abgehen, eine umgestülpte Schachtel so stellt, dass zwei niedrige Ausschnitte im Rande die Passage freilassen, und man hebt nach einiger Zeit die Schachtel hoch, so findet man alle Ameisen, welche unterwegs sind, auf der Strasse. Dasselbe findet man, wenn man bei Nacht eine Ameisenstrasse plötzlich mit einer Laterne beleuchtet. Ueberdeckt man ein berusstes Blatt, auf dem eine Ameise den Weg zum Zucker oder Fleisch gefunden hat, mit einer Schachtel und lässt es einige Stunden bedeckt, so findet man, dass auch bei diesem ganz neuen Weg alle verzeichneten Spuren der ersten Spur (mit den beschriebenen Ausgleichungen der Wegkrümmungen) folgen. Da es unter der Schachtel ganz dunkel ist, so folgt, dass beim Verfolgen alter wie neuer Wege das Licht keine Rolle spielt, dass der Weg nicht auf Grund photischer Eindrücke gefunden wird. Am sichersten geht dies aber daraus hervor, dass ein Thier, welches mit dem ersten Finder des Vorraths nicht zusammengetroffen ist, selbstständig den Weg des ersten zum Vorrath hin verfolgt. Dies stimmt auch mit dem Befund Forel's überein, dass Ameisen mit geschwärzten Corneae, auf den Weg zurückgesetzt, ebenso gut nach Hause finden, wie ohne dies. Bei Formica pratensis[14]) hat er allerdings nach der Schwärzung der

Corneae bemerkt, dass sie hin und her liefen und nicht sicher dem Wege folgten, und er schliesst daraus, dass bei diesen die Augen eine gewisse Rolle beim Finden des Weges spielen. Ich halte dies nicht für beweisend: Die Schwärzung der Corneae ist ein sehr eingreifender Process, und wir wissen, dass bei manchen Thieren Verdunkelung der Augen stark hemmend wirkt, bei andern einen Zustand grosser Erregung hervorbringt, d. h. einen Reiz setzt (z. B. Squilla mantis). Ich glaube, dass auf diese Weise das veränderte Wesen der Formica pratensis zu erklären ist, und dass der Erfolg ein ganz anderer sein würde, wenn man den Weg durch eine Schachtel verdunkelte.

Lubbock[1]) (S. 227) glaubt ebenfalls, demonstrirt zu haben, dass das Licht eine Rolle beim Finden des Weges spielt. Er experimentirte mit Lasius niger beim Schein zweier Kerzen, welche vor dem Nest standen. Setzte er, während einige Ameisen bei einigen ausgesetzten Larven waren, die Lichter auf die dem Nest abgewandte Seite, so liessen sich 4 Thiere „täuschen" und gingen nach dieser Richtung, zwei gingen richtig dem Nest zu, eine ging erst falsch, dann richtig. Hierbei hätten also die Lichter als Leuchtthurm gedient. Ich glaubte, als ich dies las, dass vielleicht das grelle Licht die Ameisen, wie andere Insecten, direct anzöge, doch zeigten mir einige Versuche, dass dies nicht richtig ist. Sie bekümmern sich gar nicht um brennende Kerzen. Ich habe dann den Lubbock'schen Versuch ebenfalls mit Lasius niger wiederholt. Ein Wechsel der Kerzen brachte keine Wirkung hervor, und die Thiere fanden nach Hause wie sonst. Nun war bei dem Lubbock'schen Versuch der Weg vom Nest weg, auf dem die „getäuschten" Thiere nach Umstellen der Lichter gingen, bereits vorher von anderen oder denselben Exemplaren begangen worden, wie aus seiner Beschreibung hervorgeht. Dieser Spur sind die „getäuschten" Thiere nach meiner Meinung gefolgt, nicht dem Schein der Kerzen. Die später zu beschreibenden Versuche werden dies verständlich machen. — Es scheint mir demnach sicher, dass das Licht, d. h. eventuelle optische Erinnerungsbilder, beim Finden des Weges nicht betheiligt sind, oder vorsichtiger ausgedrückt, dass ihre Betheiligung in vielen Fällen ganz ausgeschlossen und in anderen nicht erwiesen worden ist.

Forel fand, dass Ameisen, denen man die Antennen abgeschnitten hat, nicht mehr im Stande sind, ihren Weg zu finden, und schliesst daraus, dass sie den Weg durch den „Geruchssinn" finden, indem er zu

glauben scheint, dass sie sich des Weggeruches, des Zieles u. s. w. erinnern. Wie ich schon oben gesagt, ist das Experiment der Antennenabschneidung nicht ganz beweisend dafür, dass es sich hier um die Leitung durch einen chemischen Stoff handelt, da die Antennen noch andere nervöse Endorgane tragen. Allerdings bleibt nach Ausschliessung des Lichtes kaum etwas Anderes als ein chemischer Stoff übrig, was die Spur kennzeichnen könnte; aber es ist doch wünschenswerth, dies noch genauer festzustellen und vor allem zu eruiren, in welcher Weise dieser Reiz wirkt; ob ein Gedächtnissprocess dabei nachweisbar ist, oder ob die Thiere dem Reize folgen, wie die blecherne Ente dem Magneten.

Wenn man über eine vielbegangene Ameisenstrasse (Lasius niger) in ihrer ganzen Breite vorsichtig einen Papierstreifen von 5—10 mm Breite oder einen Strohhalm legt, so dass er dem Weg dicht aufliegt, dann bemerkt man, dass dies für die Thiere ein grosses Hinderniss ist. Von beiden Seiten kommen Ameisen, wie gewöhnlich, schnell und geradlinig herangelaufen; in dem Moment, wo sie an den Papierstreifen kommen, halten sie an und betrillern ihn mit den Antennen. Sie berühren sich von beiden Seiten beinahe mit den Fühlern; trotzdem gehen sie zunächst nicht über das Papier fort. Alle werden unruhig und auf beiden Seiten stauen sich die Ameisen auf. Einige kehren um oder laufen hin und her. Was aber die Hauptsache ist: Eine ganze Anzahl von Thieren versucht, unter dem Papier durchzukriechen. Es geht daraus hervor, dass das leitende Moment dem Wege anhaftet. Bei dem Schuss, mit dem die meisten Thiere herankommen, betreten einige das Papier, drehen dann aber wieder um; andere gehen an derselben Stelle herauf und kommen schon etwas weiter, bis schliesslich eine herüberkommt und nun drüben schnell weiter läuft. Ist erst eine herüber, so folgen andere nach, aber jede neu ankommende stutzt in dem Augenblick, wo sie an's Papier kommt. Erst nach einigen Stunden gehen die Thiere, ohne anzuhalten, über das Papier fort. Daraus folgt, dass der leitende Stoff um so intensiver vorhanden ist, je mehr der Weg begangen ist, dass ihn jede Ameise zurücklässt, dass er also etwas von den Ameisen Producirtes ist. Entfernt man dann das Papier vorsichtig, so laufen die Ameisen über die Stelle, wo es gelegen, ohne Weiteres weg. Lässt man aber den Streifen einige Tage liegen und nimmt ihn nun ganz vorsichtig fort, so entsteht an den Stellen, wo der Weg von beiden Seiten auf das Papier hinaufführte, eine Stockung, genau in derselben Weise, als

wenn man einen Papierstreifen hingelegt hätte. Hieraus geht hervor, dass der Stoff, welcher die Thiere leitet, flüchtiger Natur ist; es muss also ein chemischer Körper sein.

Dass es sich hier um einen chemischen Stoff handeln muss, geht, wenn auch nicht so eklatant, aus folgenden Beobachtungen hervor, die zum Theil bereits vor mir von Anderen gemacht wurden: Geht eine Ameisenstrasse durch Sand, und man nimmt auf die Breite von einigen Millimetern die oberste Sandschicht fort, so entsteht an dieser Stelle auf beiden Seiten eine Stauung, die sich in derselben Weise wie beim vorigen Versuch allmälich wieder ausgleicht. Unterbricht man den Weg durch Abtragung der obersten Sandschicht nur halb, so stutzen alle Thiere an dieser Stelle und gehen dann da, wo der Weg unberührt ist, um die Unterbrechungsstelle herum. Es stutzen auch die Thiere, welche auf die unveränderte Stelle lossteuern, wenn sie nur um weniger als eine Antennenlänge am Rande der Unterbrechungsstelle vorbeikommen. Es geht daraus hervor, dass die geringere Reizintensität, welche der Weg an dieser Stelle hat, einen Reiz setzt und die Thiere in ihren Bewegungen hemmt.

Wenn man einen Weg über eine Glasplatte oder einen Blechstreifen leitet (man kann dies leicht dadurch hervorrufen, dass man über einen Weg eine solche Platte legt und die Schnittpunkte mit der Strasse mittelst eines Honigstriches verbindet; im andern Falle wird eine glatte Fläche gewöhnlich umgangen), oder wenn ein Weg über ein glattes Brett oder an einem glatten Baumstamm in die Höhe geht, und man macht mit dem Finger einen Strich über den Weg, so stauen sich die Ameisen auf beiden Seiten dieses Striches auf. In derselben Weise, wie vorher beschrieben, bildet sich der Weg ganz allmälich wieder aus, aber noch lange Zeit stutzen die Thiere, wenn sie an die Stelle kommen. Die Wirkung ist im Allgemeinen grösser, wenn man statt des Fingers einen mit absolutem Alkohol oder Aether befeuchteten Pinsel nimmt. Beide Flüssigkeiten verdunsten sehr schnell und hinterlassen keinen chemischen Rückstand, wie dies der Finger thut, sie haben aber andererseits die Eigenschaft, gewisse chemische Stoffe in hohem Grade zu lösen. Es wird hier das eine Mal der von den Ameisen hinterlassene Stoff durch den Finger verwischt, das andere Mal durch den Alkohol oder Aether gelöst, so dass hier eine Unterbrechung der Spur entsteht*).

*) Wenn einige Ameisen auf einer Baumstrasse oder einer Glasplatte u. s. w. laufen und man umfährt das Gebiet, auf dem sie sind, mit dem Finger, so sind

Es scheint also unzweifelhaft, dass das Finden des Weges auf einem flüchtigen chemischen Stoff beruht, den die Ameisen selbst hinterlassen.

Wenn es nun auch bewiesen ist, dass die Ameisen durch einen von ihnen producirten und auf allen Wegen hinterlassenen Stoff geleitet werden, so ist damit eine Erklärung der Thatsachen nicht erreicht. Wie Forel beobachtet hat, und wie ich es selbst oft gesehen habe, geht eine Ameise, welche man vom Wege aufhebt und wieder auf die Ameisenstrasse setzt, ganz egal, in welcher Richtung man ihren Körper orientirt, fast mit absoluter Sicherheit immer nach derselben Richtung, in der sie vorher ging. Wenn sie also vorher voll Honig gesogen oder mit einem Beutestück zum Neste hinging, so geht sie nach dem Aufheben, auch wenn man sie umgekehrt wieder auf den Weg setzt, doch zum Neste hin, und wenn sie vorher vom Neste kam, so kehrt sie um, wenn man sie mit dem Kopf dem Neste zugewandt auf die Strasse zurücksetzt. Wenn also nur einfach ein chemischer Stoff, etwa der Neststoff, auf dem Wege hinterlassen wird, so ist garnicht zu verstehen, wie die beiden verschiedenen Wege, der Weg zum Nest und der Weg vom Nest, welche nur local auf ein und dieselbe Bahn vereinigt sind, von den Ameisen recipirt werden, was doch nach dem Gesagten unzweifelhaft geschieht.

Wären zwei verschiedene chemische Stoffe vorhanden, welche auf den Wegen zurückgelassen würden, von denen der eine dem Wege zum Nest hin und der andere dem Wege vom Nest fort angehörte, so wäre auch damit noch nichts erreicht. Wenn nämlich eine Ameise von einem Seitenweg auf die Hauptstrasse kommt, um zum Neste zu gehen, so würde ihr durch den chemischen Leitstoff nicht angegeben, ob sie sich nach links oder rechts zu wenden hat. Es muss etwas anderes hinzukommen, was angibt: links geht's zum Nest, rechts geht's vom Nest fort. Auf welche Weise dies chemisch geschehen kann, weiss ich nicht anzugeben, wir kennen aber etwas Derartiges von Raubthieren, speciell vom Hund. Wenn ein guter Jagdhund auf eine Wildfährte stösst, die er nicht sieht, sondern nur mit der Nase beurtheilen kann, so entscheidet er sich nach einigem Schnüffeln in den beiden entgegengesetzten Richtungen für die eine

---

sie wie in einem Käfig eingesperrt. Sie laufen an dem Fingerstrich entlang und können überall nicht hinüber. Auf die Dauer bewährt sich diese Art der Einsperrung natürlich nicht.

Richtung, und in dieser wird dann auch das Wild gefunden. Ein Hund, der das nicht kann, ist nichts nutze, und schon so mancher hat wegen dieses Mangels von dem zornigen Jäger eine tödtliche Dosis Blei bekommen. Wir sehen also, dass es Thiere gibt, die im Stande sind, durch Chemoreception zu entscheiden, in welcher Richtung ein anderes Thier gelaufen ist, trotzdem doch die Reizenergie nach der einen Seite nicht grösser sein kann als nach der andern. Es muss also eine in der Bewegungsrichtung polarisirte chemische Spur hinterlassen werden, und der Hund im Stande sein, auf diese Polarisation zu reagiren. Es ist nun die Frage, ob sich bei den Ameisen etwas Aehnliches nachweisen lässt.

Ehe ich nun an die Beschreibung der auf diesen Punkt zielenden Versuche gehe, muss ich die Resultate einer Voruntersuchung mittheilen. Diese Voruntersuchung hat Lubbock[1]), der ähnliche Versuche anstellte, wie ich sie nachher beschreiben werde (ohne dass ich übrigens eine Ahnung von den Lubbock'schen Versuchen hatte, da ich immer erst die Literatur studire, wenn ich mit meinen Untersuchungen fertig bin, um mein Urtheil nicht durch die Resultate Anderer zu trüben), unterlassen, und daher ist er zu keinen sicheren Resultaten gelangt: Es ist bekannt, dass viele Thiere, wenn sie auf einer Drehscheibe rotirt werden, sich entgegen der Drehrichtung bewegen. Dies ist nicht nur bei Thieren mit Labyrinth- und Statolithenapparaten, sondern auch bei Thieren, die dieser Organe entbehren, der Fall. (Siehe Schäfer[25]) und Bethe[9]).) Im Gegensatz zu Wirbelthieren tritt diese Gegendrehung bei Wirbellosen nur dann ein, wenn sie sich in selbstständiger Progressivbewegung befinden, während sie sich ruhig Caroussel fahren lassen, wenn sie still sitzen. Setzt man nun eine Ameise auf die Drehscheibe und fängt an, dieselbe mit einer Geschwindigkeit von 1—3 Umdrehungen in der Secunde zu rotiren, wenn sich das Thier gerade in Bewegung und nahe dem Rotationscentrum befindet, so stellt sie sich sofort gegen die Drehrichtung ein und läuft in kleinen, ganz excentrischen Kreisen entgegen der Drehrichtung und zwar so gut, dass sie fast wie eine Magnetnadel die ursprüngliche Orientirung im Raum bewahrt. Dabei krümmt sich der Körper stark im Sinne des beschriebenen Kreises. Wechselt man die Drehrichtung, so ändert das Thier sofort auch die seine, läuft also wieder entgegen der Drehrichtung. Fängt man an zu drehen, wenn sich die Ameise mehr an der Peripherie der Drehscheibe bewegt, etwa 10 cm vom Rotationsmittelpunkt entfernt, so

findet keine Reaction, keine Gegendrehung von Seiten des Thieres statt. In einer Entfernung von 4—6 cm vom Rotationsmittelpunkt ist das Resultat immer zweifelhaft; bald dreht sie entgegen, bald nicht. Von der Beleuchtung ist die Reaction ganz unabhängig. — Sitzt die Ameise still, während man die Rotation beginnt, so reagirt sie nicht, gleichgültig, ob sie sich nahe dem Rotationsmittelpunkt befindet oder nicht. Erschüttert man die Drehscheibe während der Rotation, so dass das Thier an zu laufen fängt, so reagirt es je nach der Entfernung vom Mittelpunkt in der angegebenen Weise. Läuft die Ameise geradlinig nahe dem Mittelpunkt und man dreht mit der angegebenen Schnelligkeit um 180° herum, so dreht sich die Ameise um 180° entgegen, so dass sie ihren Platz im Raum bewahrt, von der Unterlage aus gerechnet aber jetzt nach derselben Richtung läuft, von der sie gekommen war. Dreht man sehr langsam eine halbe Drehung in etwa einer Secunde, so reagirt die in der Nähe des Centrums laufende Ameise fast garnicht, sondern läuft in der alten Richtung weiter, ebenso ist die Achsenverschiebung eine sehr geringe, wenn man sehr schnell um 180° dreht. Daraus, dass nur das in Bewegung befindliche Thier auf passive Rotation mit einer Gegendrehung reagirt, wird ersichtlich, dass es sich hier nicht um ein Mittel der Orientirung handeln kann. Es wird vielmehr die Einrichtung zu dem Zweck vorhanden sein, die geradlinige Fortbewegung für das Thier zu garantiren.

Wenn wirklich von den Ameisen eine polarisirte chemische Spur auf ihren Wegen hinterlassen würde, so müsste ein Thier, das auf einer begangenen Strasse zusammen mit einem Theil des Weges um 180° gedreht würde, bei der Verfolgung des gedrehten Wegtheiles an der Stelle, wo der nichtgedrehte Wegtheil anfängt, auf umgekehrt polarisirte Spur treffen und eine Reaction zeigen. Aus dem Vorversuch geht nun hervor, dass man zur Erreichung des Zweckes eine drehbare Wegstrecke von mehr als 6 cm Radius benutzen muss und den Weg nur dann um 180° dreht, wenn die darauf befindliche Ameise entweder still sitzt, oder, wenn dies nicht der Fall ist, sich in einer Entfernung von mindestens 6 cm von der Achse befindet. Ausserdem ist es rathsam, die Drehung sehr schnell oder sehr langsam auszuführen. Beachtet man dies nicht, dann wird der Zweck vereitelt — und so ist es gemeiniglich in den Lubbock'schen Experimenten geschehen. Die Ameise dreht sich der Drehung entgegen und gelangt nicht an die Stelle, wo man sie hinhaben will,

d. h. an die Ausgangsstelle zurück. (Aber auch bei diesem Resultat ist, wie ich zeigen werde, einiges zu beobachten, was Lubbock entging.) Zu meinen Versuchen verwandte ich ein Nest von Lasius niger, welches sich zwischen Ritzen der Springbrunnenummauerung im hiesigen Institutsgarten befindet. Von dem Nest geht eine Ameisenstrasse während des ganzen Sommers über eine senkrecht im Bassin stehende Holzplanke zu einer Blattlauszucht. Aus einer $^1/_2$ mm dicken kreisförmigen und genau central durchbohrten Zinkblechplatte von 16 cm Durchmesser wurde ein Streifen von der Breite der Planke ausgeschnitten, am Rande des einen Endes mit einem kleinen Handgriff versehen und mit einer leicht drehbaren Achse auf der Planke befestigt. (Siehe Fig. 1.) Durch einen Honigstrich wurde die anfangs stockende Communication in weniger als zwei Tagen wieder

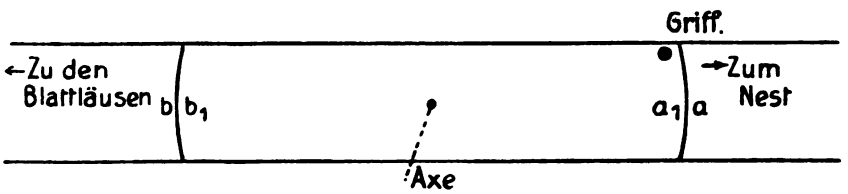


Fig:1.

ganz hergestellt. Ich bezeichne bei richtiger Lage des Drehstückes den dem Nest zunächst gelegenen festen Rand mit a, den beweglichen mit a_1, die entsprechenden Ränder der andern Seite mit b und b_1. Der Weg war zu den meisten Tageszeiten nicht stark frequentirt, so dass sich gewöhnlich immer nur ein Thier auf dem Drehstück befand. Eine geringe seitliche Verschiebung des Drehstückes beeinträchtigt das glatte Hinübergehen nicht. Ebenso ist keine Reaction der Ameisen zu bemerken, wenn man zu einer Zeit, wo kein Thier auf der Drehbrücke ist, sie einmal um 360° herumdreht. Dreht man das Drehstück, wenn gerade eine Ameise heraufgegangen ist, die vom Nest herkommt, um 180° herum (unter Berücksichtigung der vorher genannten Cautelen), so dass a_1 nach b und b_1 nach a kommt, dann läuft das Thier ruhig auf seiner Bahn nach b_1 weiter. In dem Augenblick, wo es nach a gelangt, hält es mit seinem raschen und sicheren Lauf an, betrillert den feststehenden Weg mit den Antennen, dreht sich um und läuft ein paar Schritte zurück, läuft dann unruhig auf dem Drehstück hin und her, betrillert wieder den festen

Weg, geht eventuell herunter, geht wieder auf das Drehstück und so fort. So läuft es oft Minuten lang höchst unruhig hin und her, bis es entweder seitlich von dem Drehstück herunter auf die nur sehr selten von einzelnen Exemplaren begangene Planke geht und hier nach langem Umherirren nach *b* findet, oder mehr zufällig nach *b* gelangt und dort sofort ruhig wird und seinen Weg zu den Blattläusen fortsetzt. Schliesslich kommt es auch bisweilen vor, dass sie über *a* hinaus in der Richtung auf's Nest läuft, jedoch bald wieder nach *a* zurückkehrt. — Was thun nun unterdessen die Thiere, welche nach der Umdrehung des Drehstückes vom Nest nach *a* und von den Blattläusen nach *b* gelangten. Sie laufen bis *a* schnell und geradlinig. Bei *a* respective *b* halten sie plötzlich an, laufen nach rechts und nach links, betrillern den Rand des Drehstückes, kehren um, laufen einige Schritte zurück, gehen wieder nach *a* und so fort. So staut sich eine grosse Menge Thiere bei *a* und *b* auf, aber selten geht eins langsam und stark trillernd auf die Drehbrücke, kehrt aber sehr bald wieder um. In dem Augenblick, wo man die Brücke wieder um 180° gedreht hat, so dass a_1 wieder nach *a*, b_1 wieder nach *b* gelangt, wird der ganze Haufen ruhig, alle stürzen sich auf das Drehstück und laufen geradlinig ihrem Ziele zu.

Ist ein Thier, sagen wir vom Nest kommend, auf der Brücke, und man dreht um 90° herum, so dass das Drehstück senkrecht zur Planke steht, so läuft es bis b_1 weiter, findet hier aber nur die leere Luft und ist wie gefangen.

Dreht man, wenn eine von *a* kommende Ameise der Achse des Drehstückes nahe ist, um 180°, so dreht sie gewöhnlich der Drehrichtung entgegen und läuft nun allerdings in der richtigen Richtung, nämlich gegen *b*, weiter, aber entgegen der angenommenen Polarisation auf a_1 statt auf b_1 zu. Schon nach wenigen Schritten stutzt sie, dreht sich um, läuft hin und her und kann eventuell nach *b* gelangen, aber läuft doch gewöhnlich am Schluss nach b_1 und trifft hier auf *a*, von wo sie gekommen, und geräth in noch grössere Unruhe. Aus diesen Versuchen scheint mir mit Sicherheit hervorzugehen, dass eine Polarisation der chemischen Spur besteht.

Wenn Lubbock zu so widersprechenden Resultaten bei derselben Ameisenart gelangte, so scheint mir dies auf der Unkenntniss der Reaction gegen passive Rotation und auf der Benutzung sehr junger, erst wenig begangener Strassen zu beruhen.

Für die Polarisation lassen sich ausser diesen Versuchen noch andere anführen: Hat man einmal eine ganze Anzahl von Thieren auf dem Drehstück und dreht es nun um 180° um, so machen alle dasselbe, was vorher eine that. Durch das viele Hin- und Herlaufen werden natürlich die parallel verlaufenden Spuren auf dem Drehstück etwas verwirrt, und so kommt es, dass dann, wenn man die Drehbrücke wieder in die alte Lage gebracht hat, die neu herankommenden Thiere auf dem drehbaren Stück, besonders an den beiden Enden, hin und wieder stutzen, mit den Antennen trillern und nicht wie sonst glatt darüber fort laufen. Man muss daher, um reine Resultate zu erlangen, nicht allzuviele Versuche dieser Art hintereinander machen. — Ich leite eine Ameisenstrasse über drei gleichlange dünne Bretter (Fig. 2 *a*), deren dem Nest zugewandte Enden ich mit +, die abgewandten mit — bezeichnet habe. Diese drei Bretter kann man in der Reihenfolge beliebig verwechseln (Fig. 2 *b*), ohne dass die Ameisen eine Reaction zeigen, wenn die Bretter nur nicht gedreht werden. (Diesen Versuch hat Lubbock mit demselben Erfolg gemacht.) Wenn man aber z. B. die beiden äusseren um 180° dreht (Fig. 2 *c*), und es befinden sich in diesem Augenblick Ameisen auf allen drei Brettern, so gerathen sie alle in Unruhe, da an den Enden überall gleiche Vorzeichen auf einander stossen, und alle Thiere sind auf das Brett fest gebannt, auf dem sie sich befinden. Ebenso stauen sich an den Enden des festen Weges die Ameisen auf.

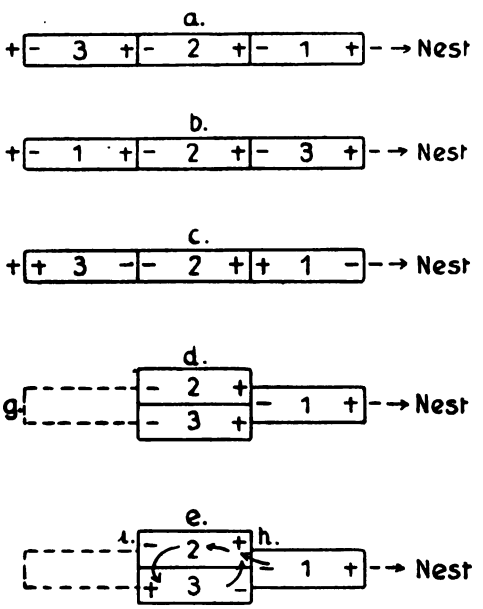


Fig: 2.

Legt man die Bretter 2 und 3 mit richtigen Vorzeichen so an 1 heran, wie in Fig. 2 *d* abgebildet ist, so stauen sich natürlich die

zum Nest gehenden Thiere bei *g*, die vom Nest kommenden an den Enden von 2 und 3 auf; auf beiden Brettern etwa gleich viele. Ein Stutzen bei Uebergang von 1 auf 2 und 3 findet nicht statt. Legt man 2 und 3 aber so an 1 heran, wie es in Fig. 2 *e* abgebildet ist, dass nämlich 2 richtig, 3 falsch orientirt ist, so bildet sich bei *h* eine grössere Stauung als dann, wenn man eine Strasse (siehe oben) halb unterbrochen hat. Eine ganze Anzahl von Thieren geht aber auf das Brett 2, aber kein einziges direct von 1 auf das falsch orientirte Brett 3. Am Ende von 2 bei *i* findet eine zweite Aufstauung statt. Hier gehen nun einige Thiere, wie die Pfeile andeuten, auf das Brett 3, da es hier an 2 mit richtigen Vorzeichen anstösst, laufen schnell über 3 hin, stutzen, bei 1 angekommen, wieder von neuem und gehen wieder nach 2 hinüber, so dass sie also auf dem einen Brett hin-, auf dem andern zurücklaufen.

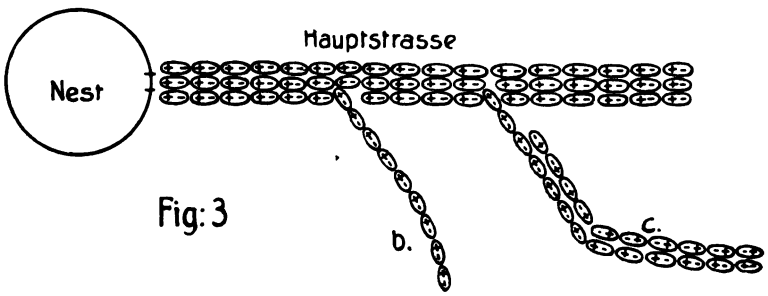


Fig: 3

Das Bestehen einer polarisirten chemischen Spur scheint also über allem Zweifel erhaben. Es könnte nun scheinen, dass nur eine polarisirte Spur nöthig wäre, um Alles zu erklären.

Ich habe in dem Schema Fig. 3 zur schnelleren Verständigung aufgezeichnet, wie dies sein könnte. Auf der Hauptstrasse und den Nebenstrassen liegen alle chemischen Theilchen polar angeordnet, wie wir uns die Elementarmagneten in einem Stahlmagneten angeordnet denken. Mit dem + und —Zeichen will ich garnichts über die Natur dieser Theilchen sagen, ich wähle sie nur als die allgemein üblichen Zeichen zur Darstellung einer Polarität. Alle +Zeichen sind dem Nest zugewandt, alle —Zeichen dem Nest abgewandt. Einer Ameise, die irgend wo auf den Weg gesetzt würde, würde diese Anordnung anzeigen können, in welcher Richtung es zum Nest hin, in welcher vom Nest fort geht. Das ist klar. Hiermit stimmt überein, dass eine Ameise, welche einen Weg zum ersten

Mal gegangen ist, auf demselben Weg zurückkehrt. Wenn sie nun beim Weg vom Nest fort die chemischen Theile so hinterlassen hat, dass die + Zeichen alle dem Nest zugewandt waren (Fig. 3 *b*), so müsste sie beim Rückweg, damit die Polarität nicht gestört wird, rückwärts gehen. Da sie aber mit dem Kopf voran, also um 180° gedreht, den Rückweg macht, so muss die Polarisation dieser Rückspur umgekehrt sein, wie die der Hinspur und die Polarisation dieser ganzen Wegstrecke aufgehoben werden. (Siehe Fig. 3 *c*.) Es wäre nun denkbar, dass eine derartige Einrichtung getroffen wäre, dass die chemische Spur beim Weg zum Nest in umgekehrter Polarisation hinterlassen würde, als beim Weg vom Nest. Wäre dies richtig, so müsste die Spur zum Nest allen später kommenden Thieren als Wegweiser vom Nest fort dienen können und umgekehrt. Dies ist nun, wie ich an einem Beispiel zeigen kann, nicht der Fall:

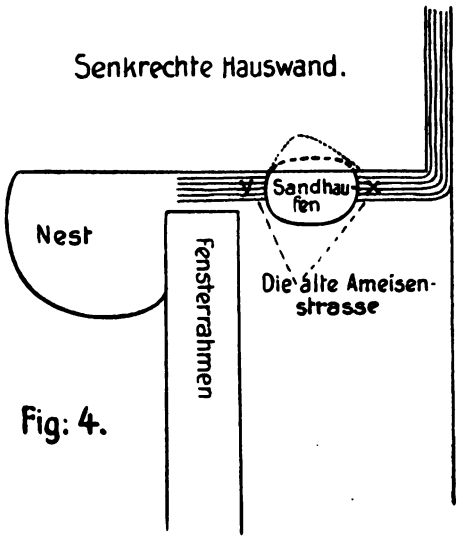


Fig: 4.

Mein Lasius emarginatus-Nest befindet sich in der Ecke hinter einem Kellerfenster. (Fig. 4.) Der Eingang zu demselben geht durch eine Ritze zwischen Hauswand und Fensterrahmen. Von hier aus geht die einzige grosse Strasse an der Hauswand entlang über den Fensterbord und dann zur Erde herunter. (Hier ist in einer Mauerritze noch ein kleineres zugehöriges Nest.) Dicht vor dem Eingang zum Hauptnest war ein kleiner Sandhaufen von 1,5 cm Länge und 0,5 cm Höhe, über den die Strasse hart an der Mauer fortging. Die meisten Thiere gingen auf dem Sand, gelegentlich lief aber auch ein Thier an der Mauer zum Nest. Ich nahm nun den kleinen Sandhaufen vorsichtig mit einem Messer fort, als zufällig nur Thiere zum Nest hingingen. Der Erfolg war nicht anders wie sonst. Die Ameisen stauten sich auf, einige kehrten um, liefen unruhig hin und her u. s. w. Ein Exemplar ging dann einige Schritte an der senkrechten Mauer herauf, sich genau an die frühere Grenze des Sand-

haufens haltend. Wie gesagt, waren bisweilen auch vor der Fortnahme des Haufens hier einige Thiere gelaufen. Mit vielem Hin- und Herwenden und Trillern der Antennen gelangte es schliesslich bis auf den alten Weg jenseits des früheren Haufens. Allmälig folgten andere; aber noch nach einer halben Stunde stutzten alle Thiere, die zum Nest gingen, an der Stelle, wo der Sand angefangen hatte, und folgten dann langsam der neuen Spur an der Hauswand, welche in der Fig. 4 um 90° umgeklappt gedacht und punktirt gezeichnet ist. Bis zu dieser Zeit waren nur Thiere in's Nest gegangen, im Ganzen vielleicht 100. 30 Minuten nach Fortnahme des Sandes zeigten sich die ersten vom Nesteingang kommenden Thiere (2) in dem Spalt, gingen bis zu der Stelle, wo der Sand gewesen war und kehrten wieder um. Nach einigen Minuten erschienen andere vor dem Nesteingang und liefen an der Grenze des alten Weges unruhig hin und her. Während der Zeit kamen immer neue Thiere zum Nest hin, welche jetzt (nach 40 Minuten) kaum noch am Ende des alten Weges, bei *x*, stutzten, sondern glatt und schnell den neuen Weg liefen. Nach 5 weiteren Minuten war der Nesteingang dicht gedrängt mit Thieren, die die Tendenz zeigten, aus dem Nest herauszugehen. Es ging aber keine den neuen Weg, sondern alle liefen unruhig, bei *y*, hin und her, trotzdem sich immerzu Thiere, welche auf dem neuen Weg von aussen kamen, unter sie mischten. (Diese Letzteren liefen ruhig weiter und nahmen nicht an der Unruhe der Anderen Theil.) Endlich ging ein Thier ein paar Schritte unterhalb des neuen Weges vorwärts, kehrte aber wieder um; ein zweites folgte auf demselben Wege (gestrichelte Linie) und gelangte sehr langsam und hin und her trillernd auf die andere Seite nach *x*, wo es sofort ruhig wurde und schnell weiterlief. Jetzt folgten andere Thiere, alle sehr langsam und unruhig, bis sie nach *x* gelangten, von da aber schnell weiterlaufend. Dieser Anblick war ausserordentlich überraschend. Alle Thiere, welche von draussen kamen, liefen schnell und hurtig über den oberen Weg, und daneben krochen Andere, welche vom Nest kamen, ganz langsam, oft stehen bleibend und hin und her trillernd, auf dem unteren Weg. Noch eine Stunde, nachdem die erste Ameise vom Nest her über den unteren Weg gelaufen war, zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen Thieren, die vom Nest kamen und die zum Nest gingen. Die beiden Wege blieben einige Stunden getrennt, vermischten sich dann aber durch Ausgleich der Krümmung.

Ich war bei diesem Versuch vom Glück sehr begünstigt worden, indem zufällig in der ersten Zeit nach der Unterbrechung nur Ameisen zum Nest hingingen, so dass die ersten vom Nest kommenden Thiere bereits eine ausgebildete Spur zum Nest hin, aber keine Spur vom Nest fort fanden.

Hieraus geht nun mit Sicherheit hervor, dass mindestens zwei verschiedene polarisirte chemische Spuren hinterlassen werden, eine, welche zum Nest hin, und eine, welche vom Nest fort führt. Die zum Nest hinführende Spur kann den vom Nest kommenden Thieren nicht als Wegweiser dienen, und die vom Nest fortführende Spur ist nicht im Stande, Ameisen zum Neste hin zu leiten. Wir haben also in jeder Ameisenstrasse zwei Strassen vor uns, welche ganz verschiedenen Charakter haben und räumlich getrennt sein können, im Allgemeinen aber auf den gleichen Raum vereinigt sind. Ist nur eine sehr starke Spur in der einen Richtung vorhanden, so ist dies für die von der andern Seite kommenden Thiere ein grösseres Hemmniss, als wenn gar keine Spur vorhanden ist. Dagegen ist eine sehr schwache Spur, welche in einer Richtung führt, geeignet, auch in umgekehrter Richtung zu leiten, wie daraus hervorgeht, dass ein Thier, welches einen neuen Vorrath gefunden hat, denselben Weg zum Nest zurückgeht, den es gekommen ist.

Wie es kommt, dass ein anderer chemischer Stoff auf dem Wege vom Nest als auf dem Wege zum Nest hinterlassen wird, ist sehr schwer zu entscheiden, wir müssen uns mit der Thatsache bescheiden, dass etwas der Art der Fall ist. Einiges lässt sich vielleicht daraus erschliessen, dass eine neue Hin- und Rückspur (siehe oben) nur dann von anderen Thieren verfolgt wird, wenn das Thier, das sie zuerst benutzte, auf diesem Wege etwas gefunden hat, d. h. wenn es ein Stück Fleisch oder Zucker mitgebracht hat. Manchmal wird hierbei die Beute auf der Erde geschleift, wenn sie nämlich sehr schwer ist, gemeiniglich ist dies aber nicht der Fall, so dass also die Beute selbst kaum eine Spur auf dem Wege zurücklassen kann. — Ich habe angegeben, dass ein Mensch, der in psychischer Erregung ist oder eine anstrengende Arbeit leistet, qualitativ und quantitativ anders riecht als sonst, dass er also nicht nur mehr, sondern auch andere riechende Stoffwechselproducte liefert als gewöhnlich. Etwas Aehnliches könnte bei der unbelasteten und belasteten Ameise der Fall sein, und in der That spricht Einiges dafür. Wenn eine Ameise

zu einem Vorrath von, sagen wir, 10 Lasten Zucker gefunden hat, so wird dieser Weg von derselben und anderen Ameisen aufgesucht, bis der Vorrath erschöpft ist. Es kommen nun aber immer noch neue Thiere, welche denselben Weg gehen, am Ziele aber nichts finden. Sie irren dann in der Gegend des früheren Vorraths noch einige Zeit umher und kehren schliesslich auf demselben oder einem anderen zufälligen Wege zum Nest zurück. Nachdem 6—8 Thiere, öfter auch mehr, den Weg vergeblich begangen haben, wird er von keinem anderen mehr betreten. Hier führen also 10 erfolgreiche Spuren und etwa ebensoviele erfolglose zum Nest hin. Würde bei den erfolglosen derselbe Reizstoff hinterlassen wie bei den erfolgreichen, so würde ein einmal gebahnter Weg nie wieder selbstständig aufgegeben und eine ganz unnütze Arbeitskraft vergeudet werden, die dem Besten der Colonie entzogen würde. Ich finde nun, dass die auf erfolgreiche Touren folgenden erfolglosen Gänge in einem zeitlichen und zahlenmässigen Verhältniss zu der Reichhaltigkeit des peripheren Vorraths stehen. War der Vorrath sehr gross, so dass vielleicht einige tausend Touren vom Nest zum Vorrath und vom Vorrath zum Nest gemacht worden sind, ehe er erschöpft war, dann wandern oft noch grosse Mengen von Ameisen denselben Weg erfolglos. Ihre Zahl nimmt mehr und mehr ab, aber noch am nächsten, vielleicht auch noch am nächstfolgenden Tag wird der Weg von einigen Thieren betreten. Dabei mag die Flüchtigkeit des chemischen Stoffes eine nicht geringe Rolle zu Gunsten der Ameisen spielen. Diese Proportionalität spricht sehr zu Gunsten der Annahme, indem es selbstverständlich, wenn der Weg oft erfolgreich begangen ist, länger dauern muss, bis die erfolglosen mit den Hinspuren nach der Annahme identischen Rückspuren die erfolgreichen, d. h. mit dem anderen Stoff versehenen Rückspuren überwiegen oder wenigstens in eine recipirbare Proportion zu denselben gelangen, als wenn der Weg nur einige Male erfolgreich benutzt wurde.

Dass diese Annahme noch nicht Alles erklärt, ist mir nicht entgangen. Dieses aber scheint mir nach den beschriebenen Versuchen sicher gestellt:

1) Die Ameisen hinterlassen beim Gehen auf dem Wege eine flüchtige chemische Spur, welche polarisirt ist und für den Weg vom Nest her und den Weg zum Nest hin verschieden ist.

2) Diese Spur dient ihnen als Wegweiser, indem sie sie mittelst der Antennen recipiren.

Dadurch ist das Finden des Weges bei den Ameisen auf einen einfachen physiologischen Reiz zurückgeführt. Da nun eine Ameise, die ganz jung aus dem Stock entfernt und bis zur Erhärtung isolirt gehalten wird, auf einen Weg ihres Mutternestes gesetzt, diesem folgt, so muss dieser physiologische Reiz von Geburt an adäquat sein, die Reaction auf denselben wird also nicht erlernt, sie ist ein Reflex.

Das, was die Thiere unter gewöhnlichen Verhältnissen veranlasst, der einen oder der andern Spur zu folgen, ist offenbar die Belastung und der Mangel der Belastung. Belastung löst reflectorisch Gang zum Nest hin, Mangel an Belastung Gang vom Nest fort aus. Nimmt man einer Ameise, die mit einem Zuckerkorn sich zum Nest hinbewegt, die Last weg, so kehrt sie um und geht vom Nest fort. Trifft eine mit Honig vollgesogene und dem Nest zustrebende Ameise unterwegs Nestgenossen, welche sie aus ihrem Kropf füttert, so kehrt sie nach Erschöpfung des Vorrathes um und geht vom Nest fort. Trägt eine Ameise eine Last zum Nest hin und eine andere kommt ihr vom Nest her entgegen und nimmt ihr die Last fort, so kehren beide um; die vom Nest gekommene wendet sich dem Nest zu, da sie jetzt belastet ist, die zum Nest hinstrebende geht vom Nest fort, da sie jetzt unbelastet ist.

Kurz: Das Finden des Weges beruht bei den Ameisen nicht auf einem psychischen Process. Es ist vielmehr ein complicirter, aber analysirbarer Reflexmechanismus.

Besitzen die Ameisen Mittheilungsvermögen?

Bei Gelegenheit der Beschreibung des berussten Papiers habe ch erwähnt, dass man nicht selten beobachten kann, dass, unabhängig von der ersten Ameise, welche den ausgelegten Vorrath fand, eine andere, die ihr gar nicht auf dem Wege begegnet war, genau denselben Weg, den die erste einschlug, verfolgt und zum Vorrath gelangt. Eine „Mittheilung" kann hier also nicht erfolgt sein, vielmehr muss die von dem ersten Thier hinterlassene Spur einen Reiz zur Verfolgung des Weges auslösen. Ich habe in einigen Fällen das erste Thier gekennzeichnet und einige Male gefunden, dass es über-

haupt nicht zum Vorrath zurückkehrte, dass es vielmehr, aus dem Nest wieder herausgekommen, den Hauptweg verfolgte, von dem der neue Seitenweg abzweigte, und dass lauter andere Thiere den Vorrath forttrugen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn der Hauptweg sehr stark begangen ist. Es hängt also hier mehr vom Zufall ab, wenn dasselbe Thier mehrere Male zum Vorrath kommt. Ist die Colonie schwach, sodass immer nur wenig Thiere draussen sind, so ist die Chance sehr viel grösser, dass ein und dasselbe Thier den Weg mehrere Male macht. (Lubbock hat offenbar immer mit solchen schwachen Nestern operirt.) Meist kommen nun die Thiere einzeln und unabhängig von einander zum Vorrath, indem sie nur der Spur folgen. Andererseits beobachtet man, dass ein gekennzeichnetes Thier, das schon beim Vorrath war, mit anderen zusammen aus dem Nest herauskommt. Dabei ist es nicht immer sicher, dass sie den richtigen Weg einschlagen; schlagen sie ihn aber ein, so ist ersichtlich, dass nur scheinbar die Kameraden dem gezeichneten Thier folgen; sie verfolgen in der That nur die Spur. Es wäre nun durchaus unberechtigt, hieraus zu schliessen, dass eine Mittheilung der Art „Komm mit", wie Lubbock annimmt, stattgefunden hat. Dem gekennzeichneten Thier haftet der „Geruch" des Vorraths an und diesem Reiz folgen die anderen Thiere.

Aus den vielen Versuchen, die Lubbock zur Prüfung des Mittheilungsvermögens angestellt hat, geht hervor, dass etwas Derartiges nicht existirt. Ein Versuch ist sogar sehr ungünstig ausgefallen, aber nur desshalb, weil er die im vorigen Capitel beschriebenen Thatsachen nicht kannte. Er setzte ein gekennzeichnetes Thier zu einem Vorrath von Puppen. Es nahm eine Puppe auf, und er half ihm zum Nest. Die Ameise kam mit Kameraden wieder heraus, und nun hob er die Gekennzeichnete auf und trug sie zum Vorrath zurück, die Kameraden kehrten aber wieder um. Dasselbe wiederholte er oftmals, wobei die Gekennzeichnete immer vom Nest zu den Puppen getragen wurde und nur den Weg zum Nest selber machte. Niemals fand sich ein Kamerad zu den Puppen. Nach dem, was wir gesehen, wurde es nun, je öfter der Weg zum Nest gemacht war, um so unwahrscheinlicher, dass ihn ein Kamerad zu den Puppen hin fand, da nur Rückspuren, aber keine Hinspuren vorhanden waren.

Aus einem andern Versuch glaubt Lubbock aber mit Sicherheit schliessen zu können, dass eine Art von Mittheilungsvermögen doch bestände. Er legte zwei Wege an (Papierstreifen) und that

an das Ende des einen viele Ameisenlarven (300–600), an das Ende des anderen nur 2 oder 3. Wenn von diesen eine fort geholt war, so that er eine neue hinzu. Er setzte nun zu jedem Vorrath eine gekennzeichnete Ameise und beobachtete, wie viele Kameraden zu den beiden Vorräthen mitgebracht wurden oder überhaupt hingelangten. Diese wurden am Ende immer eingesperrt. Er fand nun, dass zu dem grossen Vorrath in 52 Stunden 304, zu dem kleinen in $59^1/_2$ Stunden 104 Kameraden mitgebracht wurden. Durch eine künstliche Rechnung reducirt er das Verhältniss von 304 : 104 auf 254 : 54 und folgert daraus, dass die Ameise, die zu dem grossen Vorrath kam, mitgetheilt habe, „dass da viel zu finden sei", und die andere, „dass nur wenig Larven vorhanden seien", denn so deducirt er „Eine Ameise, die eine andere eine Larve holen sieht, hätte unmöglich aus sich selbst ein Urtheil darüber, ob noch wenig oder viel Larven übrig seien".

Ich halte diesen Schluss für ganz falsch: In meiner Kindheit war mir einmal verboten worden, auf den Jahrmarkt zu gehen. Ich glaubte, dass es Niemand würde merken können, wenn ich, statt mit einem Freunde spazieren zu gehen, doch hinginge. Drei oder vier Stunden nach meiner Rückkehr trat mein Vater in's Zimmer und sagte sofort: „Du bist ja doch auf dem Jahrmarkt gewesen; du riechst nach vielen Menschen". — Seitdem habe ich oft am Geruch gemerkt, ob ein Mensch mit vielen oder wenig Anderen zusammen gekommen, ob eine Köchin nur in der Speisekammer oder beim Colonialwaarenhändler gewesen war. Uebertragen wir dies in das Reflexleben der Ameisen: Das Thier, das zu den vielen Ameisenlarven kam, wird sehr viel energischer den Reizstoff an sich tragen und daher mehr Thiere zur Nachfolge veranlassen, als das Thier, das nur zu wenigen kam. — Uebrigens geht aus dieser Beobachtung Lubbocks und einigen meiner eigenen hervor, dass jedes Thier seine eigene Spur besser verfolgt, als eine fremde, dass die eigene Spur den adäquatesten Reiz abgibt.

Wir sehen also, dass die Ameisen, soweit es sich um die Besorgung von Futter und Anderem handelt, nachweislich ein Mittheilungsvermögen nicht besitzen, sondern nur normalen, physiologischen Reizen reflectorisch folgen.

Man hat vielfach gesagt, das gemeinsame, truppweise Vorgehen der Raubameisen beim Ueberfall eines anderen Nestes könne nur auf einem Mittheilungsvermögen beruhen. Richtig ist sicher, denn

dies wird allgemein angegeben, dass vor dem plötzlichen Vormarsch alle Theilnehmer die Antennen gegen einander schlagen. Leider habe ich eigene Beobachtungen an diesen Thieren nicht machen können, und ich muss mich mit Vermuthungen begnügen: Da der Haufe immer ziemlich geradlinig und in schnellem Tempo auf das zu beraubende Nest losgeht, so ist anzunehmen, dass bereits durch einzelne Exemplare der Weg gebahnt, d. h. mit chemischer Spur versehen ist. Wie angegeben wird, geschehen die Raubzüge zu bestimmten Tageszeiten und bei bestimmtem Wetter. Es ist nun leicht denkbar, dass das Wetter der auslösende Reiz ist, die bereits vorhandene Spur zu beschreiten. Das eine Thier geräth früher in den nöthigen Erregungszustand als das andere und producirt hierbei, wie man nach Analogie mit Erregungszuständen beim Menschen annehmen darf, einen chemisch vom gewöhnlichen Neststoff differenten flüchtigen Stoff. Durch Antennenschläge recipirt das nächste Thier denselben und geräth reflectorisch in denselben Erregungszustand und so fort. Nun setzt sich die ganze Colonne in Bewegung. — Natürlich kann diese Annahme erst dann Geltung erlangen, wenn es gelingt, sie experimentell zu stützen. So lange aber nicht der Gegenbeweis vorliegt, so lange darf man auch diese Erscheinung nicht auf psychische Ursachen zurückführen.

Weisen andere Verrichtungen der Ameisen auf den Besitz psychischer Qualitäten hin?

Lubbock[1]) stellte verschiedene Versuche an, bei denen er Nahrung oder Ameisenpuppen dicht über dem Eingang zu einem Ameisennest schwebend anbrachte. Diese Depots verband er mit dem Nest durch eine viele Umwege machende Brücke. Die Ameisen konnten, wenn sie sich aufrichteten, mit den Antennen den Vorrath beinahe berühren, kamen aber nicht auf den „Gedanken", einige Sandkörner unter dem Behälter aufzuthürmen, wodurch sie in den Stand gesetzt wären, die Vorräthe direct in das Nest zu tragen, sondern gingen immer den weiten Umweg, kamen auch nicht dazu, wenn sie auf dem Behälter waren, zum Nesteingang, wo viele ihrer Genossen umhergingen, herunter zu springen, sondern gingen auch den langen Weg zurück. Einen ähnlichen Versuch machte Wasmann[6]). Ich änderte diesen Versuch noch etwas ab. Ein langer Blechstreifen war an einem auf hohen Glasfüssen stehenden Tischchen befestigt. Dieser Tisch wurde so neben eine Ameisenstrasse (Lasius niger) ge-

setzt, dass der Blechstreifen sich gerade über der Strasse befand. Der Streifen wurde nun so gebogen, dass er dem etwas erhöhten Wall der Strasse gerade auflag. Auf das Ende des Bleches wurde Honig gethan. Die Ameisen holten ihn sehr bald in grosser Masse fort. Die ganze Umgebung des Honigs war immer dicht belagert. Im Laufe von drei Wochen schraubte ich nun den Blechstreifen ganz allmälich immer höher. Der Verkehr hörte nicht auf, von dem Strassenwall auf den Blechstreifen herauf zu gehen, so lange die Thiere noch den Rand des Bleches mit den Vorderbeinen erfassen konnten, wenn sie sich auf die Hinterbeine stellten. Nach Verlauf der drei Wochen konnten nur noch die grösseren Exemplare das Blech erreichen. Nach drei weiteren Tagen war der Streifen so weit gehoben, dass kein Exemplar mehr hinauf gelangen konnte. Es liefen an diesem Tage immer noch viele Ameisen auf dem Wall umher und richteten sich auf die Hinterbeine, indem sie sowohl den Honig, als die früheren Ameisenspuren auf dem Blech noch chemorecipirten. Man hätte bei diesem allmälichen Höherhängen des Brotkorbes erwarten sollen, dass die Ameisen, wenn sie im Stande wären, den einfachen Schluss zu ziehen: der Boden muss erhöht werden — einige Sandkörner aufgethürmt hätten. Sie thaten dies aber nicht. Nach einigen Tagen stiegen keine Ameisen mehr auf den Wall. Da die letzten Gänge vergeblich gewesen waren, hatte der Weg auf den Wall aufgehört, einen Reiz auszuüben. — Ich senkte nun das Blech wieder bis auf den Wall, und bald waren die Ameisen wieder da. Das Blech wurde wieder in die Höhe geschraubt wie das erste Mal, und der Erfolg war derselbe. An dem Tage, wo die grössten Exemplare das Blech nicht mehr erreichen konnten, aber noch auf dem Wall umherliefen, ereignete es sich, dass zu irgend einer Reparatur am dicht benachbarten Nest Sand gebraucht wurde. Es kamen von dort Thiere und holten Sandkörner von dem Wall fort, so dass es den Thieren auf dem Wall immer unmöglicher wurde, den Honig zu erreichen.

Es sei hier noch Folgendes bemerkt: Wenn ich das Blech in einen Augenblick, wo es ganz voll honigleckender Ameisen war, schnell in die Höhe schraubte, so waren diese Ameisen gefangen, da sie an den hohen Glasbeinen des Tisches nicht hinunter gingen. Ich verband nun den Tisch und den Boden nach einer vom Nest abgewandten Seite mit einem Papierstreifen. Hier gingen dann allmälich alle gefangenen und mit Honig vollgesogenen Ameisen herunter und fanden

mit der Zeit den Weg zum Nest; verschiedene gingen dabei denselben Weg. Auf diesem Wege zum Nest hin kehrte nun kein Thier zum Honig zurück. Es beweist dies von Neuem die Existenz zweier polarisirter Spurstoffe.

Ein anderer Versuch, den Wasmann anstellte, wirkt zuerst verblüffend; durch den Controlversuch wird jedoch gezeigt, dass hier eine psychische Bethätigung wohl nicht vorliegt. — Wasmann stellte neben eine Sanguinea-Colonie eine Uhrschale voll Wasser, in deren Mitte sich eine Insel mit Puppen befand. Die Formica sanguinea warfen Sand in's Wasser und holten auf dieser Brücke die Puppen! Danach stellte er eine Uhrschale mit Wasser ohne Puppen und ohne Insel hin. Die Sanguinea warfen auch diesmal Sand in's Wasser und legten den See trocken!

Es sind von verschiedenen Seiten angebliche Beweise der „Ameisenintelligenz" vorgebracht worden, welche aber fast alle auf den Erzählungen unglaubwürdiger Personen beruhen. Die wenigen, welche glaubhaft erscheinen, sind bereits von Wasmann ihres Zaubers beraubt.

Da die Thätigkeiten der Sorge für die Brut, des Nestbaues u. s. w. den Ameisen angeboren sind, so brauchen sie hier nicht weiter besprochen zu werden. Es geht aus der Thatsache, dass diese Handlungen nicht gelernt werden, hervor, dass es sich um Reflexthätigkeiten handelt. Wasmann zeigte, dass eben ausgeschlüpfte Formica sanguinea-Exemplare, die er zu einer Colonie vereinigte, ein Nest bauten, die eigenen beigegebenen Larven pflegten, die Puppen von Lasius niger auffrassen, die von Formica rufibarbis aber zu Hilfsameisen (Sklaven) erzogen und eine hinzu gesetzte Lomechusa (ein myrmicophiler Käfer) aufnahmen und fütterten.

Ich habe gesehen, dass junge Lasius niger ein Nest bauten und zwar in zwei Fällen nach den sich bietenden Umständen verschieden. Das eine Mal wurde eine Ritze zwischen zwei Steinen erweitert, das andere Mal ein Loch in die Erde gegraben und der Eingang mit Sand überwölbt.

Wir kommen hiermit zu der Plasticität, von der Forel[15]) und Wasmann[6]) sprechen. Wasmann rechnet dazu ausser den den Verhältnissen mehr oder weniger angepassten Bauten ein und derselben Ameisenart das wechselnde Verhältniss, in dem die Zahl der „Sklaven" zu der Zahl der „Herren" steht. Bei Formica sanguinea steht die Zahl der „Sklaven" im umgekehrten Ver-

hältniss zur Zahl der Herren; je mehr sanguinea in einem Nest vorhanden sind, desto weniger Hilfsameisen sind dem relativen Zahlenverhältniss nach vorhanden und umgekehrt. Bei Polyergus ist das Umgekehrte der Fall: je mehr „Herren", desto mehr „Sklaven".

Wasmann schliesst aus dieser Plasticität, dass die Thätigkeiten der Ameisen nicht auf einem blinden Reflexautomatismus beruhen, dass ihnen vielmehr etwas Psychisches beigemengt sei. Er schreibt ihnen ein „sinnliches Erkenntniss- und Strebevermögen", „Sinneswahrnehmungen", „subjective Gefühlszustände" und „willkürliche Thätigkeiten" zu. Ich halte seine Gründe für absolut nicht zwingend und bin überzeugt, dass man diese Plasticität bei einer genaueren Untersuchung ebenso gut auf einfache physiologische Reflexe zurückführen kann, wie das hier von anderen Lebenserscheinungen der Ameisen geschehen ist. Die Plasticität, soweit sie sich auf den Wohnungsbau bezieht, ist angeboren, und die Correlation in der Zahl der „Herren" zur Zahl der „Sklaven" wird man ebensowenig auf psychische Processe zurückführen dürfen, wie die Correlation in der Zahl der Mäuse zu der der Bussarde, oder der Nonnen zu der der Kuckucke.

Im Grunde stimmen Wasmann und ich, soweit ich sehe, ziemlich überein, dass nämlich eigentlich keine Thatsache vorhanden ist, welche klar erweist, dass die Ameisen über psychische Qualitäten verfügen. Er hält aber seine eigenthümliche und nach meiner Meinung falsche Auffassung vom Instinct aufrecht und wird sie auch weiterhin aufrecht erhalten, und weiterhin leugnen, dass wir es bei den Ameisen mit reinen Reflexhandlungen zu thun haben, weil er zeigen muss, dass die Ameisen sich in ihren Lebenserscheinungen nicht wesentlich von den höheren Säugern unterscheiden, damit sich nicht am Ende eine progressive Entwicklung der psychischen Qualitäten herausstelle, die den Menschen nicht im Gegensatz zu den Thieren, sondern nur als höchstes Glied einer langen Entwicklungsreihe erscheinen liesse. Wie Wasmann im Ernst behaupten kann, dass keine Unterschiede zwischen den Lebensthätigkeiten der Ameisen, Bienen u. s. w. und denen der höheren Säuger und der Vögel beständen, ist mir ganz unverständlich. Die Ameise bringt Alles, was sie im Leben thut, als angeboren mit zur Welt, der Hund und der Affe müssen Alles erst lernen, genau wie der Mensch. Sie lernen gehen, sie lernen fressen, und sie lernen unter Anleitung des Menschen

oft die complicirtesten Handlungen. Was aber von Allem am wichtigsten ist, sie vermögen selbstständig und ohne Belehrung aus unzweifelhaften Erfahrungen heraus ihr Handeln zu modificiren. Dies soll Wasmann von den Ameisen nachweisen, es wird ihm nicht gelingen!

Versuche an Bienen.

Kennen sich die Bienen eines Stockes?

Es wird von den Imkern ziemlich allgemein angenommen, dass die verschiedene Reaction, welche die Bienen gegen die Individuen desselben und eines fremden Stockes zeigen, nicht auf einer persönlichen Bekanntschaft, sondern auf einem verschiedenartigen „Geruch" getrennter Nester beruht (siehe Ludwig[26]), wenngleich immer noch hin und wieder einige Imker der Ansicht huldigen, dass die Bienen eines Stockes ein „verabredetes" Zeichen hätten, sei es ein Ton, sei es eine bestimmte Bewegung der Antennen.

Dass es sich thatsächlich nur um einen chemischen Stoff handelt, von dem die verschiedene Reaction abhängt, kann keinem Zweifel unterliegen. (Diese Reaction besteht darin, dass die Bienen eines Stockes sich um ihre Nestgenossen gar nicht bekümmern und sie unbehelligt in den Stock ein- und ausgehen lassen, während eine fremde Biene sofort von mehreren gepackt, vom Flugbrett heruntergeworfen und meist schon in der Luft, oder aber erst auf dem Erdboden, durch einen Stich getödtet wird. Häufig wird sie allerdings nur herunter geworfen.) Ich will diesen Stoff von Anfang an gleich als Neststoff bezeichnen. Will man einem Stock nach dem Verlust der alten Königin eine neue geben, und man setzt sie ohne Weiteres in den Stock hinein, so wird sie fast immer getödtet. Bringt man sie aber in einem kleinen Käfig in den Stock, so dass sie von den Arbeiterinnen nicht erreicht werden kann, und öffnet den Käfig nach einigen Tagen, so wird die Königin angenommen. Sie ist durch den Aufenthalt im Stock „gewittert" worden, sie hat den Neststoff angenommen. Dasselbe kann man dadurch erreichen, dass man die Königin mit Honig des weisellosen Stockes bestreicht. Etwas Aehnliches kann man mit jeder Arbeitsbiene auch machen. Bereits Jäger[28]) hat die Ansicht aufgestellt, dass der Neststoff den Bienen angeboren sei. Ob irgend Jemand Versuche gemacht hat, dies zu beweisen, weiss ich nicht. — Ich gründete in bekannter Weise durch

Einhängen einiger Waben mit ungedeckelter Brut in einen neuen Bienenkasten, der an die Stelle des alten gestellt wurde, einen neuen Stock. Als ich nach einigen Tagen aus dem alten Stock einige frisch ausgeschlüpfte Bienen herausnahm, sie einen Tag isolirt hielt und sie dann zum neuen Stock hinsetzte, wurden sie hier wie Thiere desselben Stockes aufgenommen. Die Individuen beider Stöcke wurden durch zwei bis drei Wochen von beiden Stöcken gleichmässig behandelt. Setzte ich Bienen vom alten zum neuen Stock, so wurden sie nicht angegriffen und umgekehrt. Nach dieser Zeit wurde es anders. Die junge Königin des neuen Stockes hatte unterdessen schon viele Eier gelegt, sodass auch in diesem Stock viel junges Volk vorhanden war. Setzte ich in dieser Zeit eine junge Biene des neuen Stockes zum alten, so wurde sie angegriffen, während alte Individuen des neuen Stockes (welche also von derselben Mutter stammten, wie die des alten Stockes) fast keine Reaction beim alten Stock hervorriefen. Vom alten Stock wurden aber junge wie alte Individuen vom neuen Stock nicht angegriffen. Weitere drei Wochen später, während deren sich hauptsächlich der neue Stock stark vermehrt hatte, war das Verhalten beider Stöcke gegen einander wie das zweier fast ganz fremder geworden. Die alten und jungen Individuen des einen Stockes wurden, auf das Flugbrett des anderen gesetzt, heftig angegriffen, heruntergeworfen und bisweilen getödtet. Alle Individuen des neuen Stockes, besonders die jungen, wurden immer am heftigsten angegriffen. Andrerseits wurden Individuen des alten Stockes, an den neuen Stock gesetzt, immer nur von einzelnen Thieren angegriffen, während andere reactionslos an ihnen vorüberliefen. Diese letzteren waren sicher immer alte Bienen (mit eingerissenen Flügeln), während die Angreifer sich oft sicher als junge Thiere (Kinder der neuen Mutter) erkennen liessen. Es geht hieraus Alles hervor, was zu wissen wünschenswerth ist: 1) dass die Bienen den Neststoff selber produciren, 2) dass ihn jedes Individuum producirt, 3) dass die Verschiedenheit auf Keimesvariation beruht, 4) dass der Neststoff der Kinder verschiedener Mütter sich mit einander vermischt, so dass die Kinder einer Mutter ihre Geschwister angreifen, wenn sie mit Kindern einer anderen Mutter (welche ganz nahe mit ihrer eigenen verwandt sein kann) in einem Stocke zusammenleben, und 5) dass die verschiedene Reaction auf Nestgenossen und Nestfremde angeboren ist. — Man hat nun geglaubt, die Individuen eines Stockes für einander besser „kenntlich" machen zu können, wenn man den

Stock mit stark riechenden Substanzen (Kampher, Naphthalin, Baldrian) räuchert. Man thut dies, damit ein Stock, der häufig Plünderungen ausgesetzt ist, die fremden Räuber, welchen dieser Stoff nicht anhaftet, besser „erkennen" kann. Wäre dies richtig, so wäre damit erwiesen, dass die verschiedene Reaction auf Nestgenossen und Nestfremde modificirbar wäre.

Ich glaube aber mit Bestimmtheit versichern zu können, dass eine derartige Behandlung die Reaction gegen fremde Bienen nicht im Geringsten erhöht, sondern dass nur die Bienen aller fremden Stöcke heftiger auf die Individuen des geräucherten reagiren. (Will man also einen Stock vor Raub schützen, so muss man nicht diesen, sondern den räuberischen Stock räuchern.)

Wir sehen also, dass sich hier, wie bei den Ameisen, die verschiedene Reaction auf Nestgenossen und Nestfremde auf einen einfachen Chemoreflex zurückführen lässt.

Wie finden die Bienen nach Hause?

Nach meinen Versuchen an Ameisen glaubte ich annehmen zu dürfen, dass auch bei den Bienen das Finden des Weges nach Hause allein auf chemoreceptorischem Wege zu Stande käme. Bei diesen Thieren kann ja allerdings der chemische Stoff nicht dem Wege anhaften, da sie durch die Luft fliegen und diese in einer stetigen Bewegung ist, aber es war möglich, dass dies auf andere Weise geschehe. Wir wissen nämlich, dass ein mit in die Stadt genommenes Weibchen mancher Schmetterlingsarten von den entsprechenden Männchen aufgesucht wird. Die einzige Möglichkeit, wie hier die Männchen angelockt werden, ist die, dass von dem Weibchen ein flüchtiger Stoff ausgeht. Wenn nun schon von einem einzigen Thier ein auf mehrere Kilometer wirksamer Stoff ausgeströmt werden kann, so war es wahrscheinlich, dass ein Bienenstock mit seinen vielen Tausend Individuen sehr viel energischer wirkt und genügende Mengen flüchtiger Materie ausströmt, um allen Angehörigen als sicherer Wegweiser dienen zu können. In der That geht von jedem Bienenstock eine solche Menge flüchtiger Materie aus, dass auch der Mensch mit seinem geringen Geruchsvermögen noch in einer Entfernung von 3—5 Metern bei günstigen Luftbedingungen den Geruch eines einzelnen Stockes wahrnehmen kann. Gelänge es nachzuweisen, dass es wirklich nur ein chemischer Stoff ist, der die Bienen zum Stock

zurückführt, so wäre es nicht nothwendig, hierbei psychischen Qualitäten eine Rolle einzuräumen, da wir mit einem Reflex, mit einem Chemotropismus vollkommen auskämen.

Die ersten Versuche, welche ich unternahm, schienen diese Annahme zu stützen. (Herr Brandt, der Diener des hiesigen botanischen Institutes stellte mir zu diesen ersten Versuchen seine Bienenstöcke bereitwillig zur Verfügung. Zu den späteren Versuchen habe ich zwei Bienenstöcke benutzt, die im Garten des physiologischen Instituts zur Aufstellung gelangten.) Auf das Flugbrett eines Stockes wurde ein rechteckiger Papiertunnel so vor das Flugloch gelegt, dass er es vollkommen verdeckte und am distalen Ende einen 2 cm breiten Streifen des Flugbrettes freiliess. Die zufliegenden Bienen kamen gradlinig herangeflogen, setzten sich auf den freien Rand des Flugbrettes und versuchten zwischen der unteren Wand des Papiertunnels und dem Flugbrett durchzukriechen, genau wie Ameisen, denen man einen Papierstreifen über den Weg gelegt hat. Es geht daraus hervor, dass dem Flugbrett etwas anhaften muss, was die Bienen zwingt, auf diesem Wege in den Stock hineinzugelangen. Eine grosse Menge Bienen sammelte sich so am vorderen Flugbrettrande an und „heulte" (eine Erscheinung, die sich immer bei beunruhigten Bienen einstellt: sie heben den Hinterleib in die Höhe und schwirren mit den Flügeln), und nur vereinzelte Thiere kamen durch den Tunnel aus dem Stock heraus, während vorher ein ununterbrochener Strom von Bienen den Stock verliess. Ganz allmälich fanden einige Bienen den Weg durch den nur 8 cm langen Tunnel in den Stock hinein. Andere folgten, aber noch nach einer Stunde war eine starke Verkehrsstockung zu bemerken, die aber schon erheblich gegen den Anfang abgenommen hatte. Sowie der Tunnel entfernt wurde, gingen alle Thiere, die noch vorne aufgestaut waren, schnell hinein, und eine grössere Menge von Bienen ergoss sich aus dem Stock. — Wird nur eine Brücke von den Dimensionen des Tunnels über das Flugbrett gestellt, wobei das Flugbrett selbst freibleibt, so ist gar keine Veränderung an den Bienen zu bemerken.

Die Bienenstöcke Brandt's stehen in einem Häuschen. Die Flugbretter sind fest mit dem Häuschen verbunden. Neben einem Stock war ein Stand frei. Es wurde nun dieser Stock von seiner alten Stelle auf diesen Platz gestellt, aber so, dass eine schmale Passage von 1 cm Breite zwischen der Innenwand des Bienenhauses und der Aussenwand des Bienenstockes frei blieb. Die Entfernung

beider Flugbretter betrug etwa 60 cm. Ich bezeichne das alte Flugbrett und Flugloch mit I, das neue mit II. Alle kommenden (zurückkehrenden) Bienen gingen zum Flugloch I und von da in's Haus. Hier fanden sie keinen Stock vor, flogen durch die geöffnete Hinterthür des Bienenhauses wieder heraus und gingen vorne wieder auf's Flugbrett I, so dass sie sich immer im Kreise bewegten. Aus dem Flugloch II kamen erst zögernd, später etwas schneller einzelne Bienen heraus und flogen fort. Nach 10 Minuten war eine ganze Anzahl Thiere aus dem Flugloch II herausgekommen, über das Brett II gelaufen, wobei der Neststoff auf dem Brett hinterlassen werden musste, und davongeflogen. Nach dieser Zeit setzte sich die erste kommende Biene auf das Flugbrett II, ging aber nicht in's Flugloch, sondern lief unruhig auf dem Brett umher und fing dann an zu „heulen". Einige andere setzten sich auch dort hin und thaten dasselbe; keine ging in das neue Flugloch; eine Anzahl flog wieder fort und setzte sich wieder auf's Flugbrett II oder ging zum Flugbrett I. Im Ganzen ging nach 20 Minuten etwa der 20. Theil aller kommenden Bienen auf das Flugbrett II, der Rest zum Flugbrett I. Hier geschah es nun, dass eine ganze Anzahl von Thieren, innen in's Haus gelangt, an der Stelle, wo der Stock gestanden hatte, umherkroch. Eine fand dabei, dicht an der Innenwand entlanggehend, durch den erwähnten Zwischenraum in den Stock hinein. Eine andere folgte dieser Spur, indem sie sich oft, mit den Antennen trillernd, hin und her wandte. So entstand schliesslich eine Strasse von Flugloch I durch die Ritze zum Stocke. Aber alle Thiere, welche durch das Flugloch I hereinkamen, stutzten an der Stelle, wo der neue noch wenig intensive Weg begann, andere flogen hier auf und kehrten auf die Vorderseite zurück.

Aus diesem Versuch geht mit Sicherheit hervor, dass wenigstens für die kriechenden Bienen chemische Spuren als Führung dienen können. Andererseits spricht der Umstand, dass ein Theil der kommenden Bienen sich auf das Flugbrett II setzte, dafür, dass auch beim Anfliegen aus der Luft ein chemischer Stoff wirksam ist, da die neuankommenden Thiere bis dahin nie auf das Flugbrett II gegangen waren, es nun aber thaten, weil die aus Flugloch II herauskommenden Thiere auf diesem Brett chemische Spur hinterliessen.

Wenn nun für die in der Luft befindlichen Bienen ein vom Stock ausgehender flüchtiger Stoff, nämlich der Neststoff, das Leitende wäre, so könnte das nur auf folgende Weise geschehen: Der Neststoff

breitet sich bei ruhiger Luft naturgemäss nach allen Seiten gleichmässig aus. Je weiter vom Stock entfernt, desto verdünnter muss er sein, desto geringer muss die Möglichkeit für die Thiere sein, nach Hause zu finden. In der That finden Bienen auch auf keine grössere Entfernung als 3—4 Kilometer nach Hause. Da der Stock ringsum geschlossen ist und nur eine Oeffnung, das Flugloch, hat, so kann der Neststoff in der Nähe des Stockes nicht gleichmässig vertheilt sein, sondern muss auf der Seite des Fluglochs concentrirter sein. So würde es sich erklären, dass die Bienen nicht nur direct auf den Stock, sondern auch direct auf das Flugloch losfliegen.

Wäre es richtig, dass die Bienen dem in der Luft vertheilten Neststoff folgten, so müssten sie auch in das Flugloch direct hineingehen, wenn man den Stock um 90° oder mehr dreht, da nun der vom Flugloch ausströmende Neststoff nach dieser Seite hin am concentrirtesten ist. Dies ist aber nicht der Fall. War das Flugloch eines Stockes nach Osten gerichtet, und man dreht den ganzen Stock mit seiner Unterlage, so dass es jetzt nach Süden gerichtet ist, dann gehen die ankommenden Bienen nicht zur Südseite, um dort in das Flugloch zu gelangen, sondern fliegen direct auf die Stelle los, wo sich vorher das Flugloch befand. Sie kreisen hier in der Luft, oder setzen sich auf die nach Osten gewandte Seitenwand des Stockes und „heulen". Trotzdem in einem fort Bienen aus dem nach Süden gerichteten Flugloch herauskommen, so folgen doch die ankommenden nicht dieser Richtung.

Ich dachte mir nun, das Resultat würde ein anderes sein, wenn man den Stock nicht mit einmal um 90° drehte, sondern dies allmälig thäte. Das eben erwähnte Resultat konnte sich nämlich auf folgende Weise erklären: Durch die fortwährend nach Osten hinausgehenden und von Osten kommenden Bienen bildet sich eine auf das Flugloch gerichtete Neststoffwolke in der Luft aus. (Es ist bekannt, dass bei einem starken Bienenstock immer eine dunkle, langgestreckte Wolke vor dem Flugloch steht, welche aus immer wechselnden, kommenden und gehenden Bienen gebildet wird.) Wenn man nun den Stock schnell um 90° nach Süden dreht, so bleibt die Neststoffwolke stehen; es fliegen alle zum Nest kommenden Bienen in diese Wolke hinein, wodurch sie immer mehr verstärkt wird, so dass die Möglichkeit, zum Flugloch zu gelangen, immer geringer wird. Wenn man nun den Stock ganz langsam rotiren liesse, so würde die Wolke durch die fortwährend herausfliegenden Thiere, welche zunächst immer

vom Flugloch geradlinig fortfliegen, ganz allmälig seitlich verschoben; die Wolke würde die Drehung des Bienenstockes mitmachen. — Um dies zu bewerkstelligen, traf ich folgende Einrichtung. Ein Bienenstock (Krainer Bienen) wurde auf einen leicht rotirbaren, 1,50 m hohen Tisch gestellt (siehe Tafel II Fig 2). Der Tisch stand auf einem Wagen und dieser wieder auf einem von Westen nach Osten gerichteten Schienengeleise von 6 m Länge, so dass man den Stock mitsamt der Tischplatte sowohl um seine Achse rotiren, als auch in der Richtung von Westen nach Osten und umgekehrt ohne Erschütterung bewegen konnte. (Diese letztere Einrichtung geschah zu einem später zu beschreibenden Versuch.) Für den Rotationsversuch war der Wagen mit Keilen auf den Schienen festgestellt. Auf der drehbaren Achse der Tischplatte war ein grosses Rad befestigt. Dieses Rad war durch einen Schnurlauf mit einer Uebertragung verbunden, welche ihrerseits durch einen Wassermotor in Bewegung gesetzt werden konnte. Die Uebertragung gestattete verschieden langsame Drehungen des Stockes; nämlich Drehung des Stockes um 90° in 15 Minuten, in 20 Minuten, in 30 Minuten und in 45 Minuten. Das Flugloch des Stockes, der von Anfang an auf dem Drehtisch stand, war nach Osten gerichtet, und die Bienenstrasse war ebenfalls nach Osten gerichtet. Die Drehversuche wurden an klaren, sonnigen und nicht zu heissen Tagen ausgeführt.

1) Ich liess den Stock mit einer Geschwindigkeit von 1/4 Umdrehung in 15 Minuten gen Süden rotiren. (Siehe Taf. II Fig. 1 die drei Abbildungen der oberen Reihe: a, b u. c. Jede Abbildung zeigt das Bild des Stockes von oben gesehen. Die Bienen sind als kleine Striche dargestellt, so dass Stärke und Localität der Ansammlungen zur Darstellung kommt.) Beim Anfang der Drehung (0°) gehen die Bienen, welche zum Stock fliegen, fast geradlinig in's Flugloch. Ansammlungen von Bienen in der Luft vor dem Flugloch finden nicht statt. Zuerst folgt die Bienenstrasse recht gut der Rotation, so dass die Bienen nach einer Drehung von 30° noch schnell im Flugloch verschwinden, und eine Ansammlung von Bienen in der Luft nicht stattfindet. Nach etwa 7 Minuten, wenn der Stock also um 45° gedreht ist, geht nur noch ein Seil direct in das Flugloch hinein; die Mehrzahl fliegt einige Mal hin und her und geht erst dann hinein. So entsteht eine kleine Ansammlung. Es ist aber eine deutliche Verschiebung der Strasse nach Süden zu bemerken. (Die gestrichelte Linie in Fig. b u. c gibt die alte Fluglinie an.) Bei

weiterer Drehung wird das Hin- und Herfliegen und die Ansammlung immer stärker; viele Bienen finden nicht mehr in das Flugloch. Die Hauptmasse verkehrt in kleineren und grösseren Kreisen an der Stelle, wo sich die Strasse bei der 45° — Stellung befand. Nach 1/4 Stunde, also nach einer Rotation von 90°, ist die Ansammlung von Bienen sehr stark. Nur ganz vereinzelte Exemplare gelangen fliegend bis zum Flugloch. Einige setzen sich an der nach Südosten gerichteten Ecke auf die Tischplatte und laufen zum Flugloch. Die Mehrzahl schwirrt an der Stelle, wo sich die Strasse nach der Drehung um 45° befand, in der Luft umher. Die nach Osten gerichtete Breitseite des Stockes ist auf eine Entfernung von 10—15 cm fast frei von Bienen; es ist dies etwa die Radius-Differenz zwischen Längsachse und Querachse des Stockes. Die Bienenstrasse folgt also der Drehung bis zu einem Winkel von etwa 45°; weiterhin nicht mehr.

2) Ich drehte mit einer geringeren Geschwindigkeit, nämlich 1/4 Umdrehung in 20 Minuten. (Siehe die Figuren der zweiten Reihe A, B und C Taf. II Fig. 1). Hier folgt die Strasse bis 45° recht gut. Bei weiterer Drehung findet aber bald eine Stauung statt, die Strasse bleibt stehen. Bei der Richtung des Flugloches nach Süden (Drehung um 90°) finden noch etwas mehr Bienen in das Flugloch als bei der schnelleren Rotation; hat die Drehung 135° erreicht, so findet fast kein Thier mehr in's Flugloch. Die Hauptstrasse ist bei der Stellung, die sie bei 35°—45° einnahm, stehen geblieben. Trotzdem immer fort Bienen aus dem Stocke herauskommen, welche sofort nach Osten umbiegen und, ohne in Unruhe zu gerathen, durch die aufgestauten Genossen hindurchfliegen, so bildet sich doch kein Weg in den Stock hinein aus, auch dann nicht, wenn man die Rotation nach der Drehung um 135° abstellt. Die kommenden Bienen schwirren in der Luft umher, hauptsächlich an der Stelle, wo sich die Strasse bei der 45° — Stellung befand, und gehen selbst dann nur selten in das Flugloch, wenn sie beim Umherschwirren in seine nächste Nähe kommen. Da nun ein Mitwandern der Strasse bis zu einem gewissen Grade unzweifelhaft zu constatiren ist (siehe die Abbildungen), so war daran zu denken, dass sie bei noch langsamerer Drehung auch noch weiter mitginge. Es gelang mir nun aber bei keiner Verlangsamung, selbst dann nicht, als ich um 90° in 45 Minuten rotiren liess, die Strasse weiter als auf die 45—50°-Stellung herumzubringen. Die Figuren A, B und C könnten

ebenso gut bei dieser ganz langsamen Rotation wie bei der schnelleren mit 20 Minuten für je 90° aufgenommen sein.

Es wäre nun immerhin denkbar, dass wie die Ameisen so auch die Bienen beim Rückweg einen andern chemischen Stoff hinterlassen, als beim Hinweg, dass also die in der Luft von den kommenden Bienen zurückgelassenen Theilchen in ihrer Lokalisation nicht durch die herauskommenden Bienen verschoben würden, und dass auf irgend eine Weise, z. B. dadurch, dass bis zur 45°-Stellung das Flugloch noch im Gesichtsfeld der kommenden Bienen liegt, die Strasse der nach Hause fliegenden Thiere noch bis zu diesem Punkt mitgedreht würde. Hierfür könnte vielleicht Folgendes sprechen: Wenn man den Stock nach langsamer Rotation von der 45°-Stellung schnell zur alten Stellung zurückdreht, so fliegen die Bienen wie vor der Rotation direct in's Flugloch. Lässt man ihn aber 4—5 Stunden in der 45°-Stellung und dreht ihn dann schnell zurück, so fliegen alle Thiere zunächst auf die Südostecke des Stockes los, gelangen bis dicht an die Ecke heran und biegen dann plötzlich nach rechts, nämlich zum Flugloch hin, um. Sie gehen also nicht geradlinig in's Flugloch, sondern fliegen noch eine Zeit lang (etwa 1—1½ Stunden) in der Bahn zum Stock, die sich in den 5 Stunden ausgebildet hatte. Aus anderen Gründen muss man aber diese Idee als absurd bezeichnen: In früher Morgenstunde fliegen nur Bienen vom Stock fort. In der Nacht müsste sicher die Rückspur zum Stock, da sie in der Luft suspendirt ist, verflogen sein, und die ersten heimkehrenden Thiere würden keinen Weg zum Stock vorfinden. Wie man aber weiss, gehen sie eben so geradlinig in's Flugloch, wie die, welche am Mittag heimkehren. Und dann: Für den Fall, es existirte eine qualitativ andere Rückspur, so würde sie durch jeden Windstoss, besonders wenn im Augenblick keine kommenden Bienen in der Nähe des Stockes sind, vernichtet werden können, und die heimkehrenden Thiere müssten weglos in der Luft umherirren.

Aus einem andern Versuch geht aber mit Sicherheit hervor, dass, soweit überhaupt eine Leitung durch Chemotropismus bei den Bienen besteht, diese nur durch den einfachen Neststoff herbeigeführt sein kann: Wenn ich den Stock langsam rotiren lasse, sodass sich die Hauptstrasse in der 45°-Stellung einstellt, so bleibt sie in dieser Lage bis zur 135°-Stellung, geht dann aber bei der Annäherung der 180°-Stellung zur normalen Lage zurück. (Tafel II Fig 1 C und D.) Ich benutzte zu dem Versuch eine Dzierzonbeute,

einen Bienenkasten, welcher an den Seiten fest verschlossen, hinten aber offen und nur mit einem Deckel überdeckt ist. Wie man sich leicht durch die eigne Nase überzeugen kann, entströmt dem Stock auf der Hinterseite durch die Ritzen des Deckels, wenn er nicht sehr sorgfältig gearbeitet ist, beinahe ebensoviel Neststoff wie auf der Vorderseite durch das Flugloch. Die Bienen versammeln sich also bei der Drehung um 180° auf der Rückseite, kriechen hier auf den Tisch und versuchen durch die Ritzen des Deckels einzudringen. Es geht nun hieraus zwar hervor, dass der Chemotropismus eine gewisse Rolle beim Nachhausefinden der Bienen spielt, dass er aber das Hauptmoment ist, erscheint mehr wie zweifelhaft.

Wenn ich auf der oben erwähnten Schienenleitung den Wagen, welcher den Tisch mit dem Bienenstock trägt, um 50 cm zurückziehe, also nach Westen verschiebe, so gehen alle ankommenden Bienen zunächst an die Stelle, wo sich vorher das Flugloch befunden hatte, fliegen hier einige Male im Kreise, kommen dabei dicht am Stock vorbei und gehen in's Flugloch. Einzelne fliegen auch noch direct hinein; andere aber fliegen an dem verschobenen Stock vorbei, ohne hineinzugehen. Auf diese Weise entsteht eine Ansammlung von Bienen an der Stelle der Luft, wo der Stock vorher gestanden hatte; sie ist aber nicht sehr gross. — Wenn ich in einem andern Versuch den Stock um 2 m zurückziehe (Tafel II Fig. 2), so passirt es fast nie, dass eine der kommenden Bienen in das Flugloch findet. An der Stelle, wo der Stock gestanden hat, bildet sich eine gewaltige Wolke von heimgekehrten Bienen, welche am dichtesten ist genau an der Stelle, wo sich vorher das Flugloch befand. Alle kommenden Bienen schiessen direct auf die alte Stelle zu, stutzen in dem Augenblick, wo sie an den Ort des früheren Flugloches gelangen und fliegen nun in kleineren und grösseren Kreisen (von 0,20 m bis 2,5 m Radius) um diesen Platz herum. Dabei kommen einige dicht an dem verschobenen Stock vorbei, aus dem unentwegt Bienen ausströmen (siehe die Abbildung), aber nur höchst selten geht eine in den Stock hinein. Ungefähr jede 2. bis 3. Minute findet ein Thier von den vielen Dutzend, die vorbeifliegen, in den Stock. Schiebt man nach einiger Zeit den Stock auf die alte Stelle, so sammelt sich in wenigen Secunden der ganze grosse Schwarm und stürzt sich in das Flugloch hinein. Thut man dies nicht, sondern stellt an die Stelle, wo der Stock vorher stand, irgend eine Kiste, welche ganz anders aussehen darf als der Stock, die aber in der-

selben Höhe, vom Erdboden gerechnet, in der sich früher das Flugloch befand, ein Loch hat, so fliegen die Bienen auf diese zu, und eine grosse Anzahl geht, wenn auch zögernd, in das Loch hinein. (Es ist dies ein alter Imkerkniff, um Bienen eine neue Wohnung zu geben.)

Schiebt man den Stock vorwärts, so hängt der Erfolg von der jeweiligen Neigung der Bienenstrasse zum Horizont ab. Es ist eine den Imkern bekannte Thatsache, dass bei verschiedener Witterung die Bienenstrasse verschieden steil aufsteigt. Geht die Strasse sehr flach, so kann man den Stock einen Meter, öfter auch mehr, vorwärts (also nach Osten) schieben, ohne dass eine wesentliche Veränderung zu bemerken ist. Geht die Strasse aber steil, so dass nach einer Verschiebung von 2 m nach Osten zu die Strasse nicht mehr auf den Stock trifft, sondern hinter den Stock zu liegen kommt, so findet dasselbe wie beim vorigen Versuch statt, nur dass die Wolke sich hinter dem Stock statt vor dem Stock ansammelt. Man sieht wie dort zwei parallele Streifen in der Luft; der eine verbindet sich mit der Wolke hinter dem Stock und besteht aus heimkehrenden Bienen, der andere geht vom Flugloch des Stockes aus und besteht aus fortfliegenden Bienen.

Wenn man nun den Stock nicht plötzlich auf dem Geleise um 2 m zurückrollt, sondern ganz langsam im Laufe einer Stunde oder längerer Zeit rückwärts bewegt, so müsste im Falle, dass es sich hier um die Verfolgung einer chemischen Spur handelt, die Strasse ununterbrochen und ohne Aufstauung dem Stock folgen. Dies ist aber nicht der Fall. Je weiter sich der Stock von der alten Stelle entfernt, desto mehr Bienen sammeln sich an dieser Stelle an, und wenn er im Laufe einer Stunde um 2 m zurückbewegt ist, so steht eine ebenso dichte Wolke an der alten Stelle, als wenn man den Stock mit einem Mal zurück gerollt hat. Es finden sich vielleicht einige Bienen mehr in den Stock hinein, aber das Gros umschwirrt die alte Stelle. — Es muss hier noch erwähnt werden, dass mehrere der Antennen beraubte Thiere auf Entfernungen von 25 und 50 m geradlinig zum Stock zurückflogen.

Damit ist sicher bewiesen, dass der vom Stock ausströmende und von den fliegenden Bienen in der Luft zurückgelassene Neststoff **nicht** die Hauptrolle beim Finden des Weges spielt. Die Bienen werden durch etwas geleitet, was **nicht dem Stock selber anhaftet.**

Dieses „Etwas" leitet sie nicht zum Stock selbst hin, sondern zu der Stelle im Raum, an der sich der Stock für gewöhnlich befindet.

Durch die mitgetheilten Versuche wird eine Möglichkeit sofort ausgeschlossen, nämlich die, dass die Bienen das Gesumme, welches für jeden Stock ja möglicherweise verschieden sein könnte, recipirten und so durch akustische Reize zum Stock zurückfänden. Wäre dies der Fall, so müsste die Bienenstrasse dem sich bewegenden Bienenstock folgen. Auch die Orientirung durch Photoreception, durch eventuelle „Erinnerungsbilder" wird durch die Versuche sehr unwahrscheinlich. Zunächst müsste man doch erwarten, dass die Bienen ein Erinnerungsbild ihrer Behausung mit sich trügen. Es wäre daher garnicht einzusehen, warum sie um ein leeres Stück Luft herumfliegen, wo doch der Bienenstock gross und breit innerhalb ihres Gesichtsfeldes vor ihnen steht. — Ausser der Möglichkeit, dass die Bienen durch Erinnerungsbilder an die alte Stelle zurückgeführt werden (ich gehe hierauf späterhin noch genauer ein), kann ich mir nur noch zweierlei ausdenken: Einmal, sie registriren alle gemachten Krümmungen und Biegungen und finden sich so durch ein „Orientirungsvermögen" im engsten Sinne des Wortes nach Hause, oder sie werden durch den Erdmagnetismus beeinflusst. Beide Möglichkeiten haben nicht allzuviel für sich. — Die Bienenstrassen gehen mit geringen Schwankungen immer vom Stock nach derselben Himmelsrichtung. Dies ist fast immer Osten, Südosten oder Süden. Nicht nur deswegen, weil die Bienen Sonne haben müssen, um fleissig zu sein, stellen die Imker ihre Bienenstöcke gegen Süden oder Osten auf. Ich drehte einen Stock, welcher immer gegen Osten flog, im Laufe mehrerer Tage nach Süden um. Die Bienen fanden sich nach dieser langsamen Drehung um 90° gut in den Stock hinein. (Ich komme später hierauf zurück.) Es war nun sonderbar, dass Wochen und Monate nach der Drehung die fortgehenden Bienen immer noch nach Osten flogen und die heimkehrenden immer von Osten kamen. Ich glaubte, dass dies nun vielleicht aus folgendem Grunde geschehen könne: Der Stock stand nicht frei, sondern war ringsherum von 6 m hohen Platanen umgeben; die nach Süden gelegenen waren näher (4 m) als die nach Osten gelegenen (6 m). Nach Nordosten war eine grössere Lücke zwischen den Bäumen und eine zweite gerade nach Osten; durch diese letztere flogen die Bienen. Es war nun möglich, dass sie hier den hellen Schein (die Lücke zwischen

den beiden Bäumen) photorecipirten und desshalb nach wie vor nach Osten flogen. Ich baute desshalb einen grossen dunkelbraunen Schirm von $2^1/_2$ m Höhe und 3 m Breite, welcher, auf einer Stange aufgepflanzt, die Lücke zwischen den Bäumen an der Stelle, wo die Bienen durchflogen, fast ganz verdeckte. Die Bienen flogen nun wie sonst: Sie flogen nach Osten gerade auf die Stelle los, wo früher die Baumlücke gewesen war, bogen dann $1—1^1/_2$ m vor dem Schirm plötzlich nach oben um und flogen über den Schirm fort. Sie flogen also nicht, wie man vielleicht hätte erwarten können, gleich nach oben oder auf die nach Nordosten gelegene viel grössere Lücke zu, sondern steuerten auf eine Stelle los, welche $1^1/_2—2$ m von dem oberen Rande des tiefdunkel sich vom hellen Himmel und den grünen Bäumen abhebenden Schirmes entfernt war. Aehnlich verhielten sich die heimkehrenden Bienen. Es geht nun aus diesem Versuch zweierlei mit Sicherheit hervor: Erstens, dass die Bienen ein recht geringes Photoreceptionsvermögen haben, indem sie auf eine dunkle, sich gut abhebende Fläche von 7,5 qm erst in einer Entfernung von $1—1^1/_2$ m reagiren, zweitens, dass sie (wenigstens die Thiere dieses Stockes) den Trieb haben, nach Osten zu fliegen und von Osten her heimzukehren.

Dies war der Grund, weswegen ich die beiden vorher erwähnten Möglichkeiten des Wegfindens (durch Registrirung der Drehungen und durch magnetische Einflüsse) mit in den Kreis der Untersuchung zog. Wie ich nachträglich finde, hat bereits Fabre[28]) (S. 99) beide in Erwägung gezogen und daraufhin einige Versuche an einer Bienenart Chalicodoma unternommen. (Ich komme auf einige der ausgezeichneten Experimente Fabre's noch zurück.) Das Resultat seiner Untersuchung auf diese Punkte war vollkommen negativ.

Gezeichnete Bienen, die ich 300—500 Mal rechts herum und ebenso oft links herum schnell auf der Drehscheibe rotirt hatte (3—5 Drehungen in der Secunde) fanden sich von jedem Punkt im Umkreis von 200 m gut und sicher zum Stock zurück. — Mehreren Thieren befestigte ich kleine Stahlmagneten von 7—8 mm Länge und einem Gewicht von 0,9 bis 1,0 mg mit Modellirwachs in verschiedenen Richtungen auf dem Rücken. Ein derartiger Magnet muss alle eventuell im Bienenkörper kreisenden Ströme ablenken. Das Fliegen ist für diese Thiere natürlich durch die Belastung und durch das labilisirte Gleichgewicht schwierig; trotzdem fanden alle, die überhaupt noch fliegen konnten, auf eine Entfernung von 50 m in wenigen Minuten zum Stock.

Ich komme jetzt auf die Frage zurück, ob die Bienen den Weg nach Hause vielleicht auf Grund von Erinnerungsbildern finden. Nachdem ich den Versuch gemacht hatte, den Bienenstock auf der Schienenleitung zurückzuziehen, und gefunden hatte, dass die Thiere immer um die leere Luft des alten Standortes herumflogen, ohne in den gut sichtbaren Bienenstock zu gehen, hatte dies wenig Wahrscheinliches für mich. Ich untersuchte es aber doch genauer, da Lubbock[2]) und Romanes[29]) der Ansicht sind, dass die Bienen auf Grund derartiger photischer Eindrücke sich orientiren.

Lubbock[2]) schreibt: „Wenn Claparède bemerkt, dass Bienen aus beträchtlicher Entfernung geradeswegs zum Eingang ihres Stockes zurückkehren, und dass nach der Müller'schen Theorie dieser Eingang aus einer solchen Distanz absolut unsichtbar sein würde, so übersieht er dabei, dass eine Biene ihren Weg wahrscheinlich nach der relativen Lage des wohlbekannten Flugloches zu umgebenden Bäumen und andern grösseren Gegenständen, dann aber auch zum Stock selbst zu finden weiss, und dass es überflüssig ist, annehmen zu wollen, dass das Flugloch wirklich aus einiger Entfernung gesehen werden würde."

Warum es nun wahrscheinlich so und nicht anders ist, sehe ich nicht ein, doch ist die Ansicht werth, näher geprüft zu werden. Zur Entscheidung dieser Frage kann man Bienen mit lackirten Augen nicht anwenden. Derartig behandelte Thiere fliegen ebenso wie Libellen, Fliegen und andere Insecten spontan garnicht, und wenn man sie in die Luft wirft, so steigen sie fast immer senkrecht in die Höhe und fliegen so lange aufwärts, bis die Kräfte ausgehen. Das Licht ist bei diesen Tagthieren der auslösende Reiz zum Fliegen; in einer dunklen Schachtel fliegt keine Biene auf, auch nicht, wenn man sie reizt. Das Licht gibt die Regulirung beim Fluge ab. Sind die Augen verdunkelt, oder wirft man Bienen bei Nacht in die Luft, so steigen sie senkrecht nach oben, um nicht anzustossen. (Ich will hiermit aber nicht andeuten, dass die Bienen sich dabei des Zweckes — nämlich nicht anzustossen — bewusst sind, denn das gerade Hochsteigen ist an sich zwecklos.) Ich habe übrigens in vielen Fällen, wo ich die Augen nicht ganz verdunkelte, sondern nur mit einer opaken Schicht von dickem Wachs überzogen hatte, so dass die Bienen wenigstens einen Lichtschimmer empfingen, beobachtet, dass die Thiere, wenn sie überhaupt eine Richtung einschlugen, also nicht gerade nach oben flogen, genau in der Richtung auf den Stock

(aus einer Entfernung von 50 m) zuflogen. Sie kamen aber nie am Ziel an.

Ich wandte mich daher einem andern Versuch zu, nämlich dem, den Stock zu maskiren. Ich benutzte hierzu einen andern Bienenstock als zu den Rotationsversuchen. Dieser Stock stand auf einem eisernen Gartentisch. 2 m hinter ihm breitete eine 6 m hohe Platane ihre Zweige aus. Seine Flugrichtung ging nach Ostnordost. Ich stellte nun 1,50 m vom Stock entfernt auf der Südseite und Westseite ein Winkelgestell von 2,50 m Höhe auf, dessen Schenkel 2,50 m und 2,75 m lang waren. Ueber das Gestell wurden verschiedenfarbige Tücher gehängt, ein hellgelbes, ein weisses und ein gelbes mit grossen, bunten Blumen. Auf diese Weise war der Hintergrund des Stockes auf eine Fläche von etwas mehr als 13 qm verändert. Der Stock selbst und der Tisch, auf dem er stand, wurde mit grünen Zweigen ganz bedeckt, und die Vorderseite des hellgelben Bienenstockes bis auf das Flugloch mit blauem Papier beklebt. Auf diese Weise war die Umgebung des Bienenstockes ganz verändert und der Stock selbst nicht zu sehen. Der Versuch wurde an einem sonnigen Wege gemacht, als viele Thiere draussen waren, und die Maskirung in wenigen Minuten vollendet. Eine grosse Menge von Bienen strömte zum Stock, die meisten mit „Hosen“ versehen. Zuerst wurde eine geringe Stockung unter den Ankommenden bemerkt. Es hatte sich nämlich die blaue Papierverkleidung der Vorderwand etwas gelöst und schwankte, leise durch den Wind bewegt, auf und nieder. Als ich sie wieder befestigt hatte, flogen die Bienen glatt und gradlinig in das Flugloch hinein, ohne zu zaudern. Ich bedeckte nun den Rasen vor und neben dem Stock in einer Ausdehnung von 6 qm mit weissem Papier, so dass nun die ganze Umgebung des Stockes einen ganz fremdartigen Anblick bot, und ein Mensch hätte suchen müssen, um zu entdecken, wo sich denn eigentlich der Bienenstock befand. Nach dieser neuen Maassnahme trat eine auffällige Aenderung im Verhalten der Bienen ein. Sie wurden unruhig und flogen, ehe sie in den Stock gingen, einige Zeit nahe vor dem Flugloch hin und her. Es war nun dies nicht wunderbar, denn ich wusste bereits aus andern Versuchen, dass die Bienen grelle, weisse Flächen, besonders wenn sie, wie hier, von der Sonne beschienen sind, meiden. Ich ersetzte daher das weisse Papier durch blaues, und sofort wurden die Bienen wieder ruhig und flogen aus einer Entfernung von 6 m, wo ich sie zuerst beim Ankommen wahr-

nehmen konnte, geradlinig auf das Flugloch zu und schlüpften ohne Aufenthalt hinein. — Es war mir nun aus anderen Versuchen bekannt, dass die Bienen von blau angezogen werden, während sie roth meiden. Auch aus einigen Versuchen Lubbock's geht dies hervor. Ich ersetzte daher das blaue Papier, mit dem die Vorderwand des Stockes bekleidet war, durch ein rothes, und sogleich zeigte sich eine merkliche Stauung unter den heimkehrenden Bienen. Als es wieder fortgenommen war, gingen sie wieder glatt hinein wie zuvor.

Derartige Maskirungsversuche habe ich verschiedene gemacht. Man kann die Umgebung des Stockes verändern, wie man will, und den Stock so maskiren, dass er vollkommen unkenntlich ist, die Bienen gehen hinein, als wäre nichts geschehen. Zur Veränderung des Hintergrundes darf man alle Farben verwenden, die man zur Hand hat. Stark riechende, z. B. eingekampherte Vorhänge, muss man dabei vermeiden oder sie wenigstens in einer genügenden Entfernung vom Stock (1—2 m dahinter) aufhängen. Zur Maskirung des Stockes selber und zur Bedeckung des Bodens vor dem Stock darf man weiss und roth nicht verwenden. Am besten nimmt man blau oder grün. Auf jeden Fall soll das Papier, das man zur Verkleidung benutzt, einige Tage im Freien gehangen haben, damit es seinen Geruch verliert. Hat man all dies berücksichtigt, so findet man immer, dass die Bienen ungehindert in den auch noch so sehr in seinem eignen Aussehen und im Anblick der Umgebung veränderten Stock hineinfliegen. Findet eine Stauung vor dem Flugloch statt (vollkommen ist sie nie), so hat das immer irgend einen Grund. Schon dadurch, dass man bei unveränderter Umgebung einen grossen Spiegel so vor dem Stock aufstellt, dass das Sonnenlicht den heimkehrenden Bienen entgegen reflectirt wird, kann man erreichen, dass eine starke Stauung stattfindet und die Bienen immer erst nach einigem Umherfliegen in das Flugloch gehen.

Im Herbst 1896 setzte ich meine Bienenstöcke in ein Häuschen, welches nach Osten gelegen war. Vor dem Häuschen erhob sich eine 7 m hohe Platane, deren Zweige sich bis auf 1,50 m demselben näherten. Die Krone des Baumes war 8 m breit und begann 3 m über dem Boden, so dass das Bienenhäuschen vollkommen beschattet war. Da nun die Bienen wegen des Mangels an Sonne in diesem Frühjahr (1897) nur schlecht flogen, so entschloss ich mich, den Baum abschlagen zu lassen. Es geschah dies am Vormittag um

$10^1/_2$ Uhr (14. Juni 97), als gerade die meisten Bienen draussen waren. Dadurch wurde nun die Umgebung des Häuschens vollkommen verändert. Statt des hohen Baumes war auf einmal ein grosser, freier Platz von 15 m im Quadrat entstanden. Während nun die Bienen bis dahin senkrecht zwischen Baum und Häuschen zum Stock herabgekommen waren, flogen die Heimkehrenden (welche alle längst vor der Veränderung ausgeflogen waren, da sie fast alle Höschen anhatten) sofort, nachdem der Baum gefallen war, in schräger Richtung gradlinig auf das Flugloch los. Sie flogen also durch den Raum hindurch, an dem sich einige Secunden vorher noch der Baum befunden hatte, und zeigten nicht die geringste Unruhe, sie waren nicht „verwundert", wie ohne Zweifel so mancher Autor mit Erstaunen berichten würde.

Durch diese Befunde halte ich es bereits für durchaus erwiesen, dass das Finden des Heimweges nicht auf Gedächtnissbildern beruhen kann.

Ich habe aber noch weitere Versuche angestellt. Fabre[27 u. 28]) hatte Chalicodoma (eine Bienenart) von Orten fliegen lassen, welche weit von ihrem Nest entfernt waren, und da er glaubte, dass sie nicht so weit zum Fouragiren ausgingen, so nahm er an, als er sah, dass sie zum Nest zurückfanden, dass sie nicht durch Erinnerungsbilder geleitet sein könnten. Dem gegenüber glaubt nun Romanes[29]) erweisen zu können, dass das nach Hause Finden doch auf Erinnerungsbildern beruht. Er stellte einen Bienenstock in einem Hause an der Seeküste auf. Wenn er eingefangene Bienen von der See aus fliegen liess, so kehrten sie nicht zum Stock zurück; liess er sie von einem Blumengarten der Landseite aus fliegen, so kehrten sie mit Sicherheit heim. Er meint nun, dass sie den Blumengarten „gekannt" hätten und daher von dort zurückgekehrt seien, während sie auf der See keine bekannten Merkmale für den Heimweg hätten.

Ich habe dies nicht an der See nachprüfen können, glaube aber, dass auch die folgenden Versuche Beweiskraft haben, die ganz andere Resultate ergeben. Der Garten des physiologischen Instituts, in dem meine Bienenstöcke stehen, liegt hart am Stadtwall. Der Wall ist grün bewachsen, und dahinter dehnen sich grosse blumenreiche Wiesen aus, auf denen es von Bienen wimmelt. Auf der anderen Seite des Instituts dehnt sich die Stadt aus. In der Stadt sind sehr wenige und nur kleine bewachsene Plätze, und ich habe trotz vielen Suchens nur einmal innerhalb der Stadt auf zwei vereinzelt stehenden Sonnen-

blumen Bienen gesehen. Jedenfalls ist anzunehmen, besonders da meine Bienen ihre Flugrichtung immer nach Süden zu den Wiesen ausserhalb des Walles nehmen, dass nur ganz vereinzelte Exemplare jemals in ihrem Leben innerhalb der Stadt gewesen sind. Ich setze also die „unbekannte" Stadt gleich dem „unbekannten" Meere in dem Versuche von Romanes. Ich habe nun Bienen aus der „unbekannten" Stadt und von den „bekannten" Wiesen fliegen lassen und dazu Stellen gewählt, welche von meinen Bienenstöcken gleiche Entfernung haben. Zu den Versuchen muss man nicht irgend welche Bienen nehmen, sondern solche auswählen, welche mit Tracht zum Stock kommen, da nur bei diesen Thieren einige Garantie vorhanden ist, dass sie auf dem kürzesten Wege nach Hause kommen und nicht erst fouragiren. Beachtet man dies nicht, wie ich es auch zuerst nicht that, so fällt der Versuch sehr zu Ungunsten der Heimkehr von den „bekannten" Wiesen aus, da die Bienen aus der Stadt, wo sie durch nichts angelockt werden, direct nach Hause fliegen. Beruhte nun das nach Hausefinden auf einem Erinnerungsprocess, so müssten die Bienen aus der Stadt nur durch Zufall zum Stock zurückkehren oder wenigstens viel mehr Zeit gebrauchen als die, welche von den Wiesen auffliegen.

Je 8 Bienen wurden von einem Punkt in der Stadt und einem Punkt ausserhalb der Stadt, welche beide 350 m vom Stock entfernt sind, bei ruhigem, sonnigem Wetter fliegen gelassen. Die Bienen waren verschieden gezeichnet. Für jede Abtheilung wurde 12 Minuten lang das Flugloch beobachtet.

Bienen von der Wiese:		Bienen aus der Stadt:	
1) gebraucht . . .	2⅔ Minuten	1) gebraucht . . .	1½ Minuten
2) „ . . .	4½ „	2) „ . . .	2¼ „
In 12 Minuten kehrte keine weitere zurück.		3) „ . . .	2¼ „
		4) „ . . .	2¼ „
		5) „ . . .	2¾ „
		6) „ . . .	3½ „
		Die beiden andern kehrten in den 12 Minuten nicht heim.	

Je 8 Bienen. Entfernung 400 m. Beobachtet 10 Minuten.

Von der Wiese:		Aus der Stadt:	
1) gebraucht . . .	4½ Minuten	1) gebraucht . . .	5 Minuten
2) „ . . .	5 „	2) „ . . .	7 „
3) „ . . .	5 „	3 u. 4) „ . . .	10 „
4 u. 5) „ . . .	6 „	5—8) „ . . .	?
6—8) „ . . .	?		

Je 10 Bienen. Entfernung 650 m. Beobachtet 12 Minuten.

Von der Wiese:		Aus der Stadt:	
1) gebraucht . . .	5 Minuten	1) gebraucht . . .	$4^3/_4$ Minute
2) „ . . .	$5^1/_2$ „	2) „ . . .	$5^1/_4$ „
3) „ . . .	7 „	3) „ . . .	$5^1/_4$ „
4) „ . . .	$9^1/_2$ „	4) „ . . .	$7^1/_2$ „
5) „ . . .	11 „	5) „ . . .	9 „
6—9) „ . . .	?	6 u. 7) „ . . .	$10^1/_2$ „
Nr. 10 fliegt nicht.		8) „ . . .	?
		Nr. 9 und 10 fliegen nicht.	

Hieraus sieht man zur Genüge, dass die Bienen aus der Stadt nach Hause finden und zwar mindestens so gut, wie die von der Wiese.

Man könnte mir nun einwenden: Die Bienen, welche man aus der Stadt fliegen lässt, steigen hoch in die Luft empor, „sehen“ von weitem den Thurm des Bürgerspitals oder irgend einen weithin sichtbaren Punkt in der Nähe des physiologischen Instituts, fliegen auf diesen zu und finden so doch durch Vermittlung von Erinnerungsbildern nach Hause. Dem ist aber nicht so. Alle Bienen, die man irgendwo fliegen lässt, gehen in schraubenförmiger Linie in die Höhe, nehmen dann plötzlich Richtung und fliegen geradlinig fort.

Dies geschieht nun, wenn man die Bienen in der Stadt von der Strasse aus fliegen lässt, fast immer eher, als sie das Niveau der Häuserdächer erreicht haben, oft schon in einer Höhe von 4—6 m über dem Strassenniveau, also längst ehe sie eine „Uebersicht“ über die Gegend erlangt haben können. Sie nehmen nun hierbei fast ausnahmslos genau die Richtung, in welcher das Institut und somit der Stock gelegen ist, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

1) Ich lasse 6 Bienen von einer Strasse, welche von hohen vierstöckigen Häusern nach dem Institute zu begrenzt ist, fliegen.

1) fliegt richtig,
2) fliegt falsch,
3) fliegt richtig,
4) fliegt richtig,
5) fliegt richtig,
6) fliegt zweifelhaft.

2) 8 Bienen, von einer andern Strasse fliegen gelassen, nehmen ausnahmslos den richtigen Weg etwa in halber Höhe der Häuser.

3) 5 Bienen, die ich von einem Hof aus fliegen liess, schlugen längst, ehe sie den Dachrand erreichten, nach 2—4maligem Kreisen den richtigen Weg ein u. s. w.

Wie die negativen Resultate von Romanes zu erklären sind, weiss ich nicht. Ich meine aber, dass es nach diesen Resultaten gar keinem Zweifel unterliegen kann, dass die Bienen den Weg zum Stock **nicht** auf Grund von Erinnerungsbildern finden.

Das Resultat dieser Untersuchung ist also fast ganz negativ. Keine der Kräfte, von denen wir wissen, dass sie im Stande sind, ein Thier an eine bestimmte Stelle zurückzuführen, übernimmt bei den Bienen diese Rolle. Sie werden weder durch Erinnerungsbilder, noch durch akustische, magnetische oder chemische Reize zu ihrem Nest zurückgeleitet. Es ist zwar nicht zu leugnen, dass der Chemotropismus eine gewisse Rolle zumal in der nächsten Nähe des Fluglochs spielt, aber es ist sicher, dass er auf keinen Fall die Hauptrolle spielt. Ebenso ist auch der Photoreception eine gewisse Rolle einzuräumen. Vor allem beruht das directe Hineinfliegen in das Flugloch wohl zum Theil auf einem Photoreflexe. Bringt man nämlich dicht über dem Flugloch eines Bienenstockes ein Stückchen glanzlosen, schwarzen Papieres an, oder verklebt man die Flugöffnung mit solchem Papier, so fliegen die heimkehrenden Bienen gegen das Papier an, als wäre es ein Loch. Das Schwarz „imponirt" ihnen als Loch. Während sie beim Fliegen gegen einen andersfarbigen Gegenstand ganz in der Nähe ihren Flug reflectorisch hemmen und die Beine vorstrecken, um sich niederzusetzen, wird dieser Photoreflex vom Schwarz nicht ausgelöst.

Es bleibt uns also nichts anderes übrig als anzunehmen, dass die Bienen durch eine uns **ganz unbekannte Kraft** zum Stock zurückgeführt werden. Diese Kraft haftet nicht dem Bienenstock selbst an, sie führt die Bienen nicht zum Bienenstock hin, sondern zu der Stelle im Raum, an der sich der Bienenstock gewöhnlich befindet. Dass sich die Bienen dieser Kraft blind überlassen, dass sie ihr ganz reflectorisch folgen, dass hierbei allem Anschein nach kein psychischer Process vor sich geht, braucht nach den angeführten Versuchen wohl kaum noch auseinandergesetzt zu werden.

Diese Kraft, welche die Bienen zu dem Fleck Erde zurückführt, auf dem ihr Stock steht, wirkt nun nicht auf unbegrenzte Entfernungen. Es ist eine alte Erfahrung der Imker, dass man einen Bienenstock an einen andern Platz bringen kann, ohne befürchten zu müssen, dass die Bienen zur alten Stelle zurückkehren, wenn der

neue Platz vom alten nur etwa 6 km entfernt ist. Daraus geht hervor, dass die Kraft auf höchstens 6 km wirkt, da der Trieb, zum Stock zurückzukehren, von allen Trieben bei den Bienen der stärkste ist. Ich glaube aber, dass man nicht einen Kreis von 6 km Radius, sondern nur einen von etwa 3 oder 4 km als Wirkungszone der Kraft annehmen darf. Hätte der Kreis einen Radius von 6 km, so würden die Bienen des versetzten Stockes, wenn sie sich der alten Stelle auf mehr als die Hälfte beim Fouragiren genähert hätten, in den Wirkungskreis dieser zurückgelangen und müssten zur alten Stelle zurückkehren. Dies geschieht aber nur dann, wenn die alte Stelle weniger als 6 km von der neuen entfernt ist. Man muss also die Grenze des Wirkungskreises der Kraft auf etwa 3 km annehmen. (Man hat beobachtet, dass in Gegenden, wo in weitem Umkreise nur ein Imker wohnt, noch in einer viel grösseren Entfernung Bienen angetroffen werden, und Romanes hat daraus den Schluss gezogen, dass die Bienen sich viele Kilometer vom Stock entfernen könnten. Dieser Schluss ist unberechtigt, denn es gibt bekanntlich fortgelaufene, verwilderte und wilde Schwärme.)

Aber auch innerhalb des Umkreises von 3 km sind die Bienen nicht durchaus an denselben Fleck gebunden. Es gibt vielmehr zwei Möglichkeiten, den Standort eines Stockes innerhalb dieses Gebietes zu verändern, ohne dass die Bienen an die alte Stelle zurückkehren: erstens durch ganz langsame Verschiebung des Stockes, zweitens durch einmalige Verschiebung während des Winters.

1) Wenn ich den auf der Schienenleitung stehenden Stock täglich um höchstens 20—30 cm zurückzog und jedesmal, wenn eine geringe Stauung entstand, den Stock einen Tag ruhig stehen liess, so konnte ich ihn im Laufe der Tage 4 m zurückbewegen, ohne dass die Bienen an die alte Stelle zurückkehrten.

2) Wenn im Herbst die Bienen aufhören zu fliegen, so kann man einen Stock (ich habe dies selbst geprüft) auch innerhalb des Umkreises von 3 km an jeden beliebigen Ort stellen. Die Bienen kehren, wenn sie im Frühjahr zu fliegen anfangen, nicht zum alten Standort zurück, sondern kommen von Anfang an zu dem neuen Standort des Stockes.

Wie ich oben beschrieben habe, kann man einen Bienenstock nicht um mehr als 45° um seine Achse rotiren, ohne dass eine Stauung im Anflug entsteht. Dreht man in der Nacht den Stock um 90°, und es folgen einige Regentage, so findet zwar dann, wenn

die Bienen am ersten Sonnentage wieder fliegen, eine nicht unbeträchtliche Stauung statt, aber sie finden doch hinein, und nach Verlauf einiger Tage fliegen die Bienen glatt in's Flugloch. Dasselbe kann man an Sonnentagen dadurch erreichen, dass man den Stock jeden Tag um einige Grade dreht. Ich habe dies gethan, indem ich den Stock, der seine Flugrichtung nach Osten hatte, nach Süden umdrehte. Alle fortfliegenden Bienen drehten gleich beim Herauskommen nach Osten um, wie schon beschrieben, und alle Heimkehrenden kamen auf die Südostecke des Stockes zugeflogen und drehten dann hart um die Ecke. In dieser Weise hat der Stock 5 Wochen gestanden. Als ich ihn dann mit der Flugöffnung nach Osten zurückdrehte, flogen die fortgehenden Bienen wie 6 Wochen vorher grade nach Osten fort. Die heimkehrenden flogen aber auf die Südseite. Hier entstand eine kleine Stauung, indem sie einige Male auf der Südseite hin und her flogen und dann auf die Ostseite und in den Stock gingen. Am nächsten Tag war schon gar keine Stockung mehr, aber alle kommenden Bienen flogen, von Osten kommend, erst auf die Südseite und bogen dann nach Osten um. Sie machten also einen Haken. (Siehe Figur 5, die ausgezogene krumme Linie.) Dieser Haken wurde noch nach Wochen gemacht, schliff sich dann mehr und mehr zur graden Linie ab. Als ich nun 2 m von der Südseite einen grossen weissen Schirm (4 qm Fläche) aufstellte, bogen die Heimkehrenden nicht mehr nach Osten um, sondern flogen in vielen Kreisen auf der Südseite umher, so dass eine grosse Stauung entstand. (Siehe die punktirte Linie in Fig. 5.) Sowie ich den Schirm wieder fortnahm, gingen sie wieder glatt hinein. Denselben Effect erreichte ich dadurch, dass ich mit einem Spiegel den heimkehrenden Bienen an dem Knick des Weges das Sonnenlicht entgegen reflectirte. Die fortfliegenden Bienen irritirte dies gar nicht.

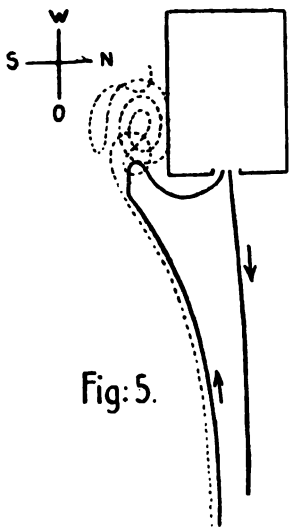


Fig: 5.

Noch sonderbarer ist vielleicht folgender Fall: Ich habe berichtet, dass die heimkehrenden Bienen, nachdem ich die hohe Platane vor den Bienenständen hatte abschlagen lassen, sofort durch

die Stelle, an der sie gestanden hatte, geradlinig durchflogen, anstatt, wie vorher, senkrecht in Schraubenlinien herabzukommen. Ganz anders verhielten sich die fortfliegenden Bienen. Sie schraubten sich nach dem Fall des Baumes ebenso senkrecht in die Höhe, als wenn der Baum noch dagestanden hätte. Als ich die Bienen in diesem Jahr zum letzten Mal fliegen sah — es war dies am 14. September, also rund 3 Monate, nachdem der Stamm (am 14. Juni) gefallen war —, flogen fast alle fortfliegenden Bienen immer noch senkrecht vor dem Häuschen in die Höhe, als ob der Baum noch davor gestanden hätte. Ich bin gespannt, wie es im nächsten Jahre sein wird. Von irgend welchen sinnlichen Wahrnehmungen, von irgend einer Ueberlegung kann hier also gar keine Rede sein. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass einmal eingefahrene Bewegungscorrelationen lange Zeit beibehalten werden können. — Ich glaube, dass hierdurch ein Versuch Lubbock's[1]), dessen Resultat er für die Intelligenz der Hymenopteren in Anspruch nimmt, in ein ganz anderes Licht tritt: Lubbock stellte in einem Zimmer Honig auf, zu dem einige Wespen kamen. Er schloss nun das Fenster, welches dem Nest zugewandt war. Die Wespen flogen zunächst immer gegen dies Fenster, gingen aber schliesslich durch das andre geöffnete hinaus. Nach einigen Malen flog die Mehrzahl immer sofort zu dem geöffneten Fenster.

Da nun nach diesen Versuchen eine Art von „Gewöhnung", basirend auf einer uns unbekannten Kraft, beim Finden des Heimweges stattzufinden scheint, so hoffte ich durch die genaue Beobachtung eines neuen Stockes vielleicht zu einem Resultat zu gelangen. Der Stock wurde aus einem 7 km entfernten Dorf gekauft und am Morgen um 7 Uhr im Institutsgarten aufgestellt. Zuerst summten nur wenige Bienen in der Luft herum. Eine grosse Anzahl sass auf dem Flugbrett und der Vorderwand des Stockes, wie das bei beunruhigten Stöcken der Fall zu sein pflegt. Zwischen 9 und 10 Uhr Vormittags flogen die ersten Thiere davon. Sie schraubten sich, wie Bienen, die man irgendwo ausgesetzt hat, mit grösser werdenden Kreisbögen in die Höhe. Nach 3 oder 4 Kreisen (wobei sie nota bene die Augen nie dem Stock zugewandt hatten) nahmen sie Richtung und flogen schnell den Wiesen zu. Eine grosse Zahl anderer folgte, alle schraubten sich in die Höhe. Um drei Uhr kehrten die ersten mit Honig und Pollen beladen heim. Sie kamen von Osten (nicht von Süden, wohin sich die meisten

gewandt hatten) an und flogen von der Stelle, wo sie das Auge zuerst erblickte (5—6 m), geradlinig auf das Flugloch zu. Wäre hier eine „Gewöhnung" notwendig, spielten hier irgend welche Erinnerungsprocesse eine Rolle, es wäre undenkbar, dass die Thiere so geradlinig auf den Stock zu flögen. Es muss eben eine Kraft vorhanden sein, welche sie wie ein Magnet an diese Stelle im Raum zieht, und die constatirte „Gewöhnung" ist etwas Secundäres, zum Eintreten der Reaction Unnöthiges.

Noch bezeichnender sind aber einige andere Beobachtungen, die ich angestellt habe. Bei einem meiner ersten Versuche, Bienen von andern Orten fliegen zu lassen, beobachtete ich Folgendes: Die Schachtel, in der die Bienen transportirt waren, stellte ich auf einem Steinhauerplatz auf einen der vielen umherliegenden behauenen Sandsteine und öffnete den Deckel. Die Bienen flogen alle auf, und die meisten nahmen nach einigem Kreisen in der Luft die Richtung auf's Institut. Zwei Thiere stiegen bis zu einer Höhe von etwa 3 m auf, machten hier einige weite Kreise von 4—5 m Durchmesser und stiessen dann gradlinig wieder auf die Schachtel herab. Ich jagte sie wieder in die Höhe. Sie flogen in noch grösseren Kreisen um die Stelle herum, wo sie aufgestiegen waren und stiessen wieder auf die Schachtel herab. Ich nahm nun, nachdem ich sie wieder aufgejagt hatte, die Schachtel fort und setzte sie auf einen anderen Stein. Die beiden Bienen flogen so hoch, dass ich sie aus den Augen verlor; aber einige Secunden später senkten sie sich wieder und flogen geradlinig auf die Stelle des Steines los, auf der die Schachtel vorher gestanden hatte. Wären sie durch chemische oder photische Reize geleitet worden, so wären sie auf den nur 2 m entfernten und ganz gleich aussehenden Stein geflogen, auf dem die Schachtel stand. Sie flogen aber zu der Stelle zurück, von der sie aufgeflogen waren.

Ich habe dann später diesen Versuch oft wiederholt. Je weiter der Ort, wohin man die Bienen transportirt hat, vom Stock entfernt ist, desto weniger fliegen dem Stock zu, desto mehr kehren zu der Stelle, von der sie aufgeflogen sind, zurück. Ich wählte zu diesen Versuchen Plätze, an denen sich keine Gegenstände befanden, nach denen sich die Bienen vielleicht optisch hätten orientiren können, z. B. grosse gleichförmige Wiesen. Die Schachtel wurde sofort aufgenommen, nachdem die Bienen fortgeflogen waren, ich merkte mir die Stelle im Grase genau und trat selbst einige Schritte zurück.

Die Bienen kehrten, wenn überhaupt, mit Regelmässigkeit an die Stelle zurück, von der sie aufgeflogen waren, und machten dabei kaum Fehler von mehr als einigen Decimetern; viele trafen aber die Stelle ganz genau. Oft blieben sie minutenlang in der Luft, oft kehrten sie aber bald zurück. Einmal beobachtete ich sogar, dass ein Thier sich auf der Wiese niederliess, hier aus einer Salvia pratensis Honig sog, dann wieder aufflog und an die Stelle zurückkehrte, von der sie aufgeflogen war. Am verblüffendsten war es aber, als ich einmal die Schachtel beim Oeffnen in die Luft hielt, und dann, nachdem die Bienen aufgeflogen waren, mit der Schachtel einige Schritte bei Seite trat. Es kehrten vier von sechs Bienen nach einigem Kreisen in der Luft zurück und flogen nun in Manneshöhe in ganz kleinen Kreisen um die Stelle, wo ich vorhin die Schachtel hingehalten hatte.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangte Fabre[27]) bei seinen Versuchen an anderen Hymenopteren. Chalicodoma muraria findet ihr Nest nicht, wenn es auch nur um einen Meter verschoben ist. Stellte er ihr das Nest eines anderen Exemplares an die Stelle, so arbeitete sie an demselben weiter, als wäre es ihr eigenes. Wenn er einer Bembix das Erdnest ganz fortnahm, so suchte sie bei der Heimkehr genau an der Stelle, wo der Eingang gewesen war; nahm er nur den Eingang und den Kanal zur Larvenkammer fort, so dass die nackte Larve am Tageslicht lag und sich unter den heissen Strahlen der Sonne krümmte, dann suchte die Mutter, zum Nest zurückgekehrt, unentwegt an der Stelle, wo der Eingang gewesen war, und bekümmerte sich niemals um ihr „verschmachtendes Junges".

Danach muss ich wiederholen: Die Bienen folgen einer Kraft, welche uns ganz unbekannt ist, und welche sie zwingt, an die Stelle im Raum zurückzukehren, von der sie fortgeflogen sind. Diese Stelle im Raum ist gewöhnlich der Bienenstock, sie muss es aber nicht nothwendiger Weise sein. Die Wirksamkeit dieser Kraft erstreckt sich nur auf ein Gebiet von wenigen Kilometern im Umkreis.

Existiren andere Thatsachen, welche uns zwingen, den Bienen psychische Qualitäten zuzuschreiben?

Man hat hier zunächst angeführt, die Bienen kennten ihren Imker. Sie stächen ihn nicht. Das ist nicht richtig. Es ist viel-

mehr so: die Bienen stechen keinen guten Imker, gleichgültig, ob es ihr Imker ist oder ein fremder. Das liegt aber nun nicht daran, dass sie Imker und Nichtimker unterscheiden können, sondern daran, dass sich Imker anders verhalten, als gewöhnliche Menschen. Die Bienen stechen nur, was sich bewegt. Der Nichtimker macht eine zuckende Bewegung, wenn sich ihm eine Biene auf die Hand setzt und die Biene sticht ihn; der Imker hat sich gewöhnt, dies nicht zu thun. Er macht immer vorsichtige und ganz langsame Bewegungen, wenn er am Stock hantirt und zuckt nicht zurück, auch wenn seine Hände ganz voll Bienen sitzen. — Bei besonderen Witterungsverhältnissen ist der Stechreflex der Bienen leichter auslösbar als sonst. Ebenso stechen die Bienen leichter, wenn sie beunruhigt werden, wenn man den Stock ausräumt oder das Flugloch verstopft, als gewöhnlich. Diese Abhängigkeit des Stechens von äusseren Reizen ist ein leicht verständlicher und zweckmässiger Reflex. Bei solchen Gelegenheiten kann es auch dem geübtesten Imker passiren, dass er gestochen wird, denn die Bienen stechen dann nicht nur, wie man behauptet hat, den „Uebelthäter", sondern alles, was sich in der Nähe des Stockes bewegt: einen vorbei laufenden Hund, ein im Winde sich sanft bewegendes Seidenpapier und hier wieder ein rothes und weisses eher als ein blaues.

Lubbock[1 u. 2]) und Forel[14]) haben gefunden, dass Bienen und Wespen zu einem gefundenen Honigvorrat zurückkehren. Lubbock beobachtete nun folgendes: Legte er den Honigvorrat auf ein blaues Papier und wechselte, nachdem das Insekt fortgeflogen war, das blaue gegen ein anders farbiges aus und legte das blaue daneben, so ging das zurückkehrende Thier zuerst auf das blaue, auf dem der Honig nicht war, und fand erst dann nach einigem „Suchen" das Papier mit dem Honig. So fand Lubbock eine „Vorliebe" der Bienen für gewisse Farben. Das Nähere darüber ist im Original nachzulesen. Forel[14]) fand nun, dass eine Bombus (Hummel), welche er auf einem runden Stück blauen Papier mit Honig gefüttert hatte, bei der Rückkehr nicht zu einem an die alte Stelle gelegten schmalen blauen Streifen flog, der jetzt den Honig trug, sondern zu einem drei Zoll entfernten runden Stück blauen Papier. Er schloss nun aus diesen und ähnlichen Versuchen an anderen Hymenopteren, dass diese Thiere Farben- und Formgedächtniss haben, daneben aber auch Ortsgedächtniss. Dem gegenüber stehen sehr ausführliche Versuche von Plateau[80]), aus denen hervorgeht,

dass die Insecten die Blumen nicht der Form oder Farbe wegen aufsuchen, sondern nur dem chemischen Reizstoff folgen, der vom Honig der Blüten ausgeht, und der für sie ab ovo ein adäquater Reiz ist. Ich bin der Ansicht, dass in der That der Honig als Hauptreiz wirkt, muss aber Lubbock und Forel auf Grund meiner eigenen Versuche zugestehen, dass auch die Farbe eine gewisse Rolle spielt, wenigstens dann, wenn sie sich in grosser Ausdehnung vorfindet. Blau wird ohne Zweifel von den Bienen bevorzugt. Ich kann aber nicht zugeben, dass die Form eine Rolle spielt. Dass der Ort wieder aufgesucht, an dem ein Honigvorrat gefunden wurde, beruht, wie ich meine, sicher nicht auf einem Ortsgedächtniss, sondern wird durch dieselbe uns unbekannte Kraft ausgelöst, die die Bienen (und andere geflügelte Hymenopteren) zur Stelle, wo das Nest sich befindet, und zu einem leeren Platz in der Luft, von dem man sie hat fliegen lassen, zurückführt. Von einem psychischen Vorgange des Wiedererkennens der Localität kann hier garnicht die Rede sein. Was nun die Farbe anbelangt, so ist es durchaus nicht nöthig anzunehmen, dass die Bienen u. s. w. die Farben wirklich sinnlich „unterscheiden", wie wir das thun, und im „Gedächtnis" behalten, auf welcher Farbe sie den Honig gefunden haben. Die Thatsachen weisen nur darauf hin, dass die eine Farbe einen anderen Reiz abgibt, als eine andere. Weiter sagen die Versuche nichts aus. Hier einen künstlerischen Farbensinn anzunehmen, ist eine petitio principii. Ähnlich ist es mit dem „Wiedererkennen" der Form. Ersetzt man eine runde blaue Papierscheibe von 10 cm Radius, auf der eine Glasplatte mit Honig gelegen hat, durch einen 10 cm langen und 2 cm breiten blauen Streifen und legt die runde Scheibe daneben, so fliegt die Biene bei der Rückkehr zuerst in der That nicht zum Honig, sondern zu der runden Papierscheibe. Ersetzt man aber die runde Scheibe durch einen blauen Streifen von 10 cm Breite und 30 cm Länge und legt die runde Scheibe wieder daneben, so geht die Biene bei der Rückkehr zum Honig, der auf dem langen Streifen liegt, und nicht zu der runden Scheibe. Wir haben es hier also nicht mit einem „Wiedererkennen" der Form zu thun, sondern einfach damit, dass unsere Thiere auf blau reagiren und auf die blaue Fläche sich zunächst setzen, welche grösser ist.

Auf einige andere Erscheinungen im Leben der Bienen, welche besonders von Büchner[81]) und Eimer[19]) für die „geistigen Fähig-

keiten". dieser Thiere in Anspruch genommen sind, brauche ich hier nicht weiter einzugehen. Es ist dies die Anfertigung der Waben, deren mathematische Genauigkeit bereits von Müllenhoff[32]) auf einfache Principien der Mechanik zurückgeführt ist, die Pflege der Brut und die Kämpfe der Königinnen. Diese Erscheinungen brauchen uns deswegen nicht weiter zu beschäftigen, weil durch Kogevnikow[33]) (und Butkewitsch) nachgewiesen worden ist, dass alles dies auch geschieht, wenn man einen Bienenstock dadurch gründet, dass man eine Wabe mit junger Brut isolirt. Die ausgeschlüpften Individuen, die auf diese Weise keine „Belehrung" von alten „erfahrenen" Bienen empfangen konnten, führten alles genau so schön und vollkommen aus wie die ältesten Thiere, die unter der Pflege anderer Bienen gross geworden sind. Alle diese Thätigkeiten sind also angeborene Reflexe und entbehren als solche des psychischen Beiwerks. In welcher Weise die Anfertigung verschiedenartiger Wachszellen, die Versorgung der Larven mit dem richtigen Futter u. s. w. auf dem Wege einfacher Reflexe erklärt werden kann, hat neuerdings Ludwig[26]) in sehr klarer Weise gezeigt.

Schluss.

Weder bei den Ameisen noch bei den Bienen habe ich irgend etwas gefunden, was man nothwendiger Weise als Beweis von psychischen Qualitäten auffassen müsste. Alle ihre so complicirten Thätigkeiten lassen sich in ungezwungener Weise als complicirte Reflexerscheinungen deuten. Alles was diese Thiere thun, ist ihnen angeboren, und wo sich Erscheinungen zeigen, die man sich zunächst nur auf Grund psychischer Qualitäten erklären kann, das ist in erster Linie das Finden des Weges, da lassen sie sich auf die blinde, maschinenmässige Reaction auf einfachste physiologische Reize zurückführen. Nirgends finden sich Andeutungen von solchen Modificationen der angeborenen Bewegungscorrelationen, welche man nur mit Zuhülfenahme psychischer Thätigkeiten erklären könnte. Ameisen, wie Bienen sind unfähig auf Grund von Erfahrungen etwas qualitativ Neues zu leisten; sie reagiren, wie sie reagiren müssen; sie lernen nicht. Die Versuche Fabre's[27 u. 28]) beweisen das gleiche für eine grosse Anzahl anderer Hymenopteren.

So lange nicht vollgültige Beweise für die Existenz geistiger Thätigkeiten bei diesen Thieren vorgebracht sind, so lange nicht erwiesen wird, dass sie im Stande sind, ihr Handeln zu modificiren,

zu lernen, so lange muss man ihnen nach meiner Meinung jede psychische Fähigkeit absprechen.

Es scheint also, als ob die ganze Gruppe der wirbellosen Thiere ein reines Reflexleben lebte. Es scheint, dass diese Thiere über keine Sinne, über keine Möglichkeit Erfahrungen zu sammeln und danach ihr Handeln zu modificiren, verfügten, dass alle Reize unter der Schwelle der sinnlichen Empfindung und Wahrnehmung bleiben und dass diese Thiere rein mechanisch alle die oft so vernunftmässig erscheinenden Thätigkeiten ausüben. Danach wären die ersten Anfänge psychischen Lebens erst in der Reihe der Wirbelthiere zu suchen. Es hätte an sich nichts unwahrscheinliches, dass wir an verschiedenen Punkten des Thierreichs psychisches Leben fänden, denn wir wissen von mehreren Einrichtungen, dass sie unabhängig von einander an verschiedenen Stellen des Thierreichs aufgetreten sind. Es scheint dies aber nicht der Fall zu sein.

Ich sage „es scheint", denn ich bin nicht der Mann, der guten Beweisen unzugänglich ist. Ich will mich gern überzeugen lassen, dass auch die Wirbellosen speciell die Hymenopteren über psychische Qualitäten verfügen, wenn mir jemand vollgültige Beweise vorführt. Ich sage nur, dass bis jetzt nichts Beweisendes vorgebracht ist. Das subjective Gefühl, dass die Antropomorphisten treibt, den wirbellosesten Thieren alle psychischen Qualitäten, über die wir selbst verfügen, und noch mehr zuzuschreiben, hat allerdings für mich keine Beweiskraft; das sage ich gleich.

Zum Schluss spreche ich Herrn E. Wasmann S. J. meinen besten Dank dafür aus, dass er die Güte hatte, die von mir benutzten Ameisenarten zu bestimmen.

Literatur.

1) Lubbock, Ameisen, Bienen und Wespen. Internationale wissenschaftliche Bibliothek Bd. 57. Leipzig 1883.
2) Lubbock, Die Sinne und das geistige Leben der Thiere. Ebenda Bd. 67. 1889.
3) Wasmann, Der Trichterwickler. Münster 1884.
4) Wasmann, Die zusammengesetzten Nester und gemischten Colonien der Ameisen. Münster 1891.

5) Wasmann, Instinct und Intelligenz im Thierreich. Freiburg i. Br. 1897.
6) Wasmann, Vergl. Studien über das Seelenleben der Ameisen und der höheren Thiere. Freiburg i. Br. 1897.
7) Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 3. Aufl. Leipzig 1887.
8) Wundt, Menschen und Thierseele. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig 1892.
9) Bethe, Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 50. 1897 u. Bd. 51. 1898.
10) Häckel, Die Perigenesis der Plastidule u. s. w. Berlin 1876.
10b) Häckel, Der Monismus u. s. w. Bonn 1892.
11) E. v. Hartmann, Philosophie des Unbewussten. 3. Aufl. Berlin 1871.
11b) E. v. Hartmann, Das Unbewusste vom Standpunkt der Physiologie und und Descendenztheorie. Berlin 1877.
12) Romanes, Animal Intelligence. International Scientific Series Vol. 41. London 1883.
13) Forel, Fourmis de la Suisse. Nouveaux mémoires de la société Helvétique. Zürich 1874.
14) Forel, Recueil zoologique Suisse. 1 Série. T. 4. 1886—88.
15) Forel, Un aperçu de Psychologie comparée. L'année psychologique. 1896.
16) Ziegler, Verhandlungen der deutschen zool. Gesellsch. 1892.
17) Exner, Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen. 1894.
18) Emery, Biologisches Centralblatt Bd. 13. 1893.
19) Eimer, Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererbung erworbener Eigenschaften. Jena 1888.
20) Weismann, Aufsätze über Vererbung. Jena 1892.
21) Weismann, Das Keimplasma. Jena 1892.
22) Weismann, Die Allmacht der Naturzüchtung. Jena 1893.
22b) Weismann, Neue Gedanken zur Vererbungsfrage. Jena 1895.
23) Jäger, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. 27. 1876.
24) Huber, Recherches sur les mœurs des fourmis indigènes. Paris 1810.
25) Schaefer, Zeitschrift f. Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane Bd. 3. 1892.
26) Ludwig, Futtersaft oder thierische Veranlagung als der Beherrscher und Ordner geheimnissvoller Vorgänge im Bienenvolke. Verlag der „Leipziger Bienenzeitung". 1896.
27) Fabre, Souvenirs entomologiques. Paris 1879.
28) Fabre, Nouveaux souvenirs entomologiques. Paris 1882.
29) Romanes, Nature. 1886.
30) Plateau, Bulletins de l'académie royale de Belgique. Troisième série Bd. 30, 32 u. 33. Referate im biolog. Centralblatt 1896 u. 1897.
31) Büchner, Aus dem Geistesleben der Thiere. Berlin 1876.
32) Müllenhoff, Pflüger's Archiv Bd. 32.
33) Kogevnikow, Biologisches Centralblatt 1896.

Tafelerklärung.

Tafel I.

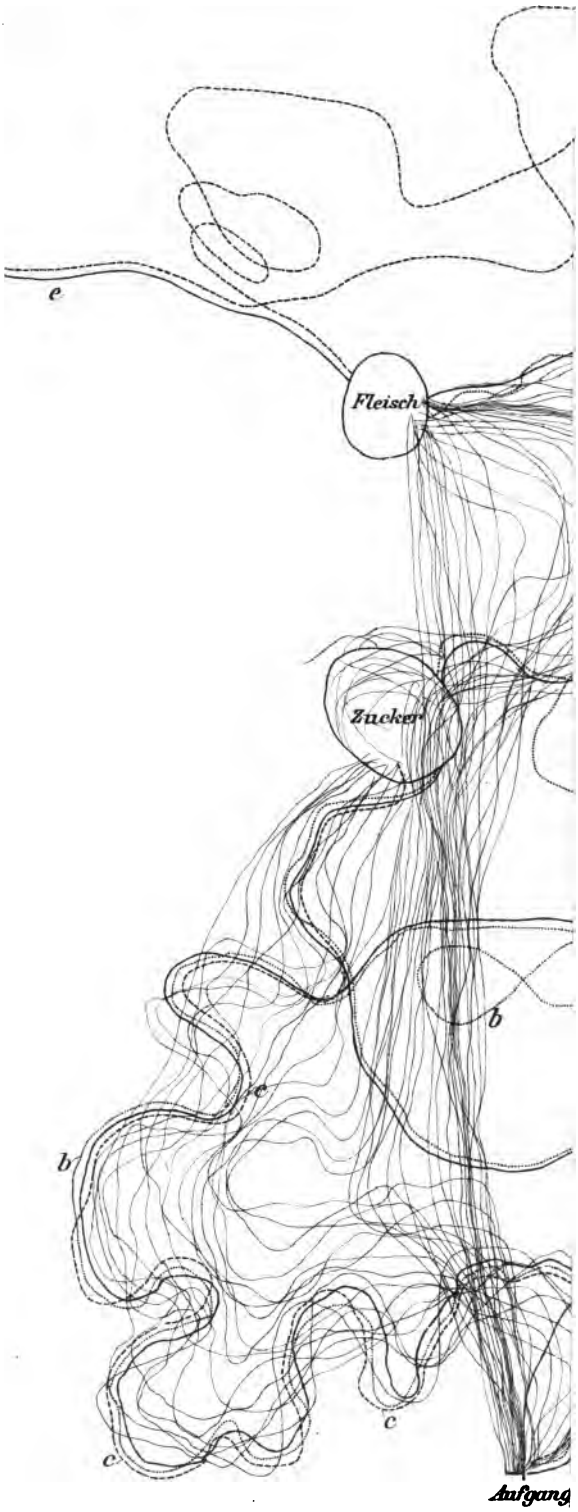
Nachzeichnung eines berussten Blattes, auf dem sich die Fussspuren von Ameisen verzeichnet haben, die zu einem Vorrath von Zucker und Fleisch auf dem Papier gelangten. Die einzelnen Fussspuren sind zu Linien ausgezogen. (Etwas schematisirt.)

Tafel II.

Fig. 1. *a*, *b* und *c*. Darstellung eines Bienenstockes von oben gesehen, welcher während 15 Minuten um 90° gedreht wurde, in 3 Phasen. (Die Bienen, welche sich vor dem Stock versammeln, sind als kleine Striche gezeichnet. Der Schwarm ist zur Ersparung von Raum im Verhältniss zum Stock um die Hälfte zu klein gezeichnet.) *A*, *B* und *C* 3 Phasen bei einer Rotation des Stockes um 135° in 30 Minuten. *D* Darstellung des Befundes nach einer Rotation um 180° in 90 Minuten.

Fig. 2. Ein Bienenstock, welcher mittelst eines Wagens, der auf Schienen läuft, verschoben werden kann. Der Stock ist 2 m vom alten Standort nach Westen verschoben. Die heimkehrenden Bienen sammeln sich in der Luft am alten Standort an.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v.

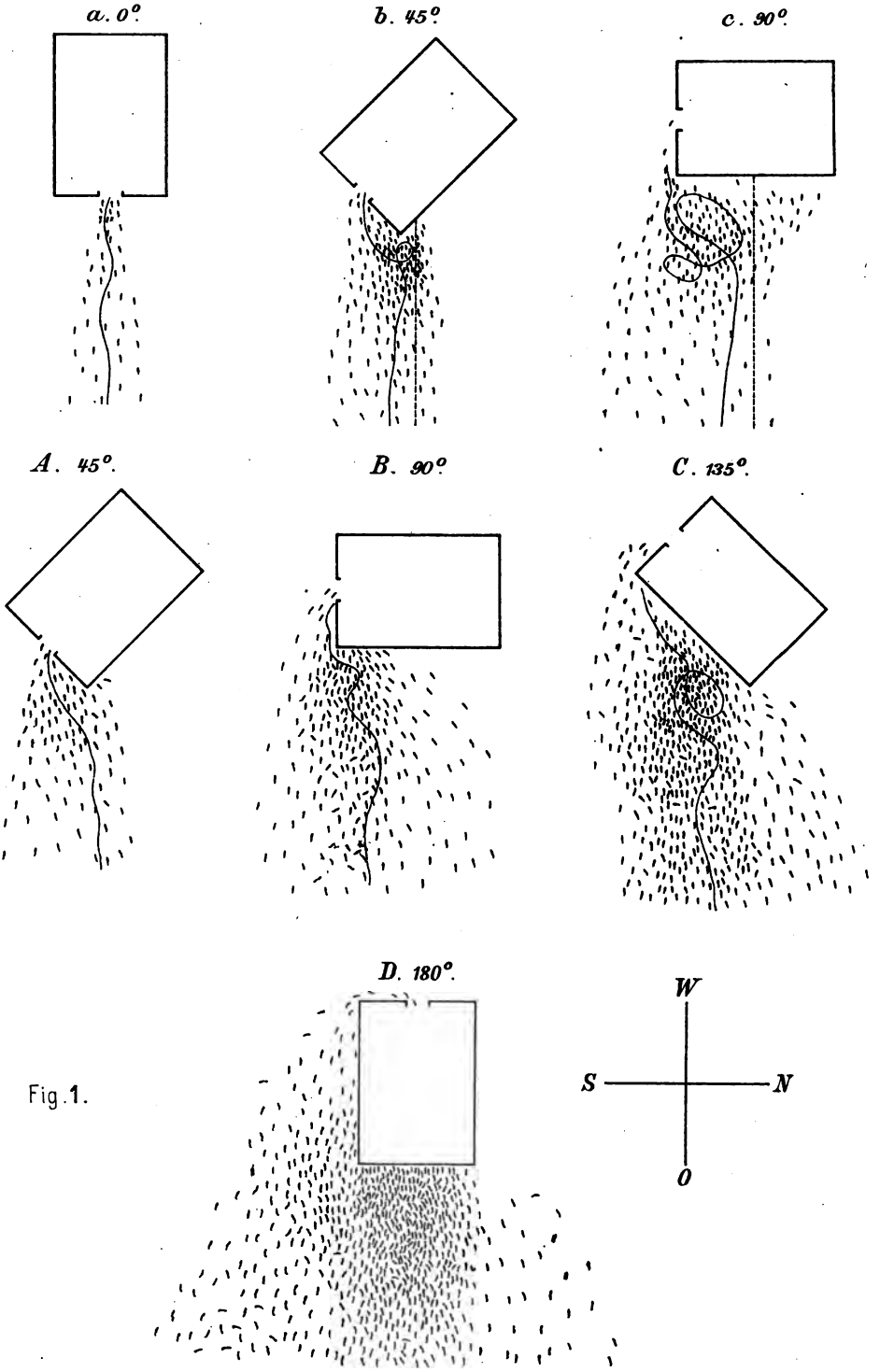


Fig. 1.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Emil Sh.

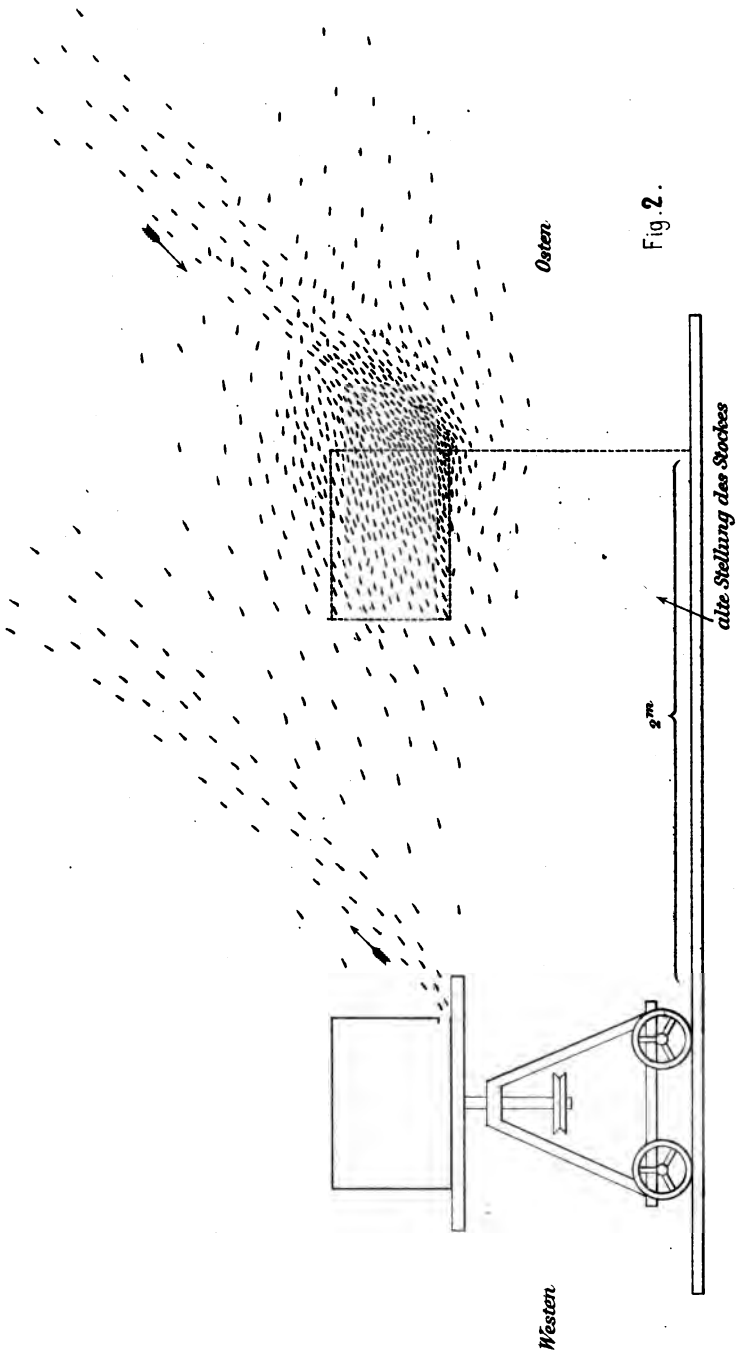
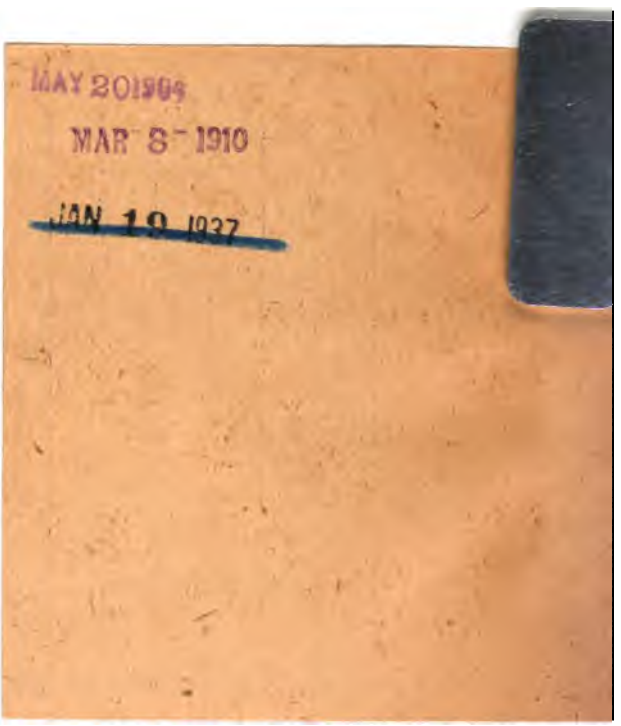


Fig. 2.

auss. Bonn.

Bethe gez.


MAY 20 1909
MAR 8 - 1910
JAN 19 1937